СПРАВОЧНИК





А. В. КУНЕВИЧ
И. Н. СИДОРОВ
С. В. СКОРНЯКОВ

ТРАНСФОРМАТОРЫ
ДЛЯ БЫТОВОЙ И ОФИСНОЙ АППАРАТУРЫ



Приведены сведения об электромагнитных параметрах и конструктивных размерах трансформаторов, габаритная мощность которых не превышает 1 кВт.

Рассмотрено применение трансформаторов в различной бытовой и офисной аппаратуре и приборах с учетом воздействия на них механических и климатических факторов, при которых они эксплуатируются в реальных условиях.

Горячая линия–Телеком

Содержание

Предисловие

В современной радиоэлектронной аппаратуре, в том числе в устройствах электропитания, широко применяются различные типы сигнальных трансформаторов и трансформаторов питания, обеспечивающих получение разнообразных выходных параметров. Сигнальные трансформаторы применяются также для согласования входных и выходных импедансов каскадов аппаратуры. От правильного выбора и применения трансформаторов зависит устойчивая и надежная работа как отдельных узлов и каскадов, так и всей аппаратуры в целом. Трансформаторы оказывают существенное влияние на основные электрические параметры аппаратуры и приборов, надежность и долговечность устройств, а также на эксплуатационные характеристики в условиях воздействия на них повышенной температуры и других климатических факторов.

Сетевые трансформаторы питания, рассматриваемые в книге, в силу своей многофункциональности обеспечивают требуемыми параметрами (напряжениями и токами) большое число конструктивных исполнений бытовой и офисной аппаратуры, которые в свою очередь, обусловили их значительное разнообразие по электрическим и конструктивным характеристикам. Применение интегральных микросхем полупроводниковых приборов позволило значительно уменьшить массогабаритные характеристики РЭА и приборов и одновременно улучшить их качественные характеристики и показатели надежности. В значительной степени микроминиатюризация РЭА коснулась и применяемых трансформаторов. Этому способствовало применение новых магнитных материалов с повышенной индукцией насыщения и разработка прогрессивных технологий изготовления трансформаторов, например с использованием аморфных магнитных материалов.

В справочнике приведены сведения о трансформаторах, габаритная мощность которых не превышает 1 кВт. Приводимые значения электромагнитных параметров трансформаторов обеспечивают их оптимальные характеристики при влиянии на них многих факторов. В первую очередь это касается выбора температурного режима работы, зависящего от качества магнитного материала, потерь в сердечнике и обмотках, соотношения этих потерь, температуры окружающей среды, коэффициента заполнения, технологии изготовления, конструкции, места установки и площади крепления на шасси, температурного контактного сопротивления между шасси и трансформатором В справочнике не затрагивается тема расчета и теории трансформаторов, а специалисты, интересующиеся этими вопросами, найдут необходимые сведения в трудах современных ученых, частично приведенных в списке прилагаемой литературы.

В данной книге проанализированы и приведены в систему сведения из технической литературы и нормативно-технической документации: научных трудов отечественных авторов, ТУ изготавливаемых трансформаторов, межведомственной нормативно-технической документации по стандартизации, отраслевых и государственных стандартов. Настоящий справочник не заменяет технических условий, утверждаемых в установленном порядке, и не является юридическим документом для предъявления рекламаций заводам изготовителям трансформаторов.

Применение трансформаторов в различной бытовой и офисной аппаратуре и приборах рассматривается с учетом воздействия на них механических и климатических факторов, при которых они эксплуатируются в реальных условиях.

Построение справочника, необходимое количество иллюстрационного материала и особенно таблиц, по мнению авторов, делают данное издание доступным не только для специалистов, разработчиков РЭА, но и для широкого круга радиолюбителей.

Введение

Бытовая и офисная техника охватывает следующие виды радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). теле- и радиоприемники; аудио магнитолы; музыкальные центры; видеомагнитофоны и видеоплееры; видеокамеры; компьютеры; тюнеры; усилители звуковой и высокой частоты, телефоны; радиотелефоны; CD-проигрыватели; электромузыкальные инструменты; диктофоны; телефонные интерконнекты; контроллеры различного назначения, радиомикрофоны; приборы радиационной дозиметрии и др. Входящие в нее узлы, модули и функциональные блоки зачастую содержат трансформаторы различных типов и назначения

Многообразие применяемых в РЭА типов и типоразмеров трансформаторов объясняется не только значительным количеством вариантов рабочих режимов эксплуатации аппаратуры, но, главным образом, принципиальными функциональными и конструктивными различиями. При этом необходимо иметь в виду, что РЭА и входящие в нее трансформаторы используются в разнообразных климатических условиях, под воздействием механических нагрузок, в магнитных полях с высокой напряженностью и в различных частотных диапазонах. Совокупность всех воздействий не может быть определена одной и однозначной величиной, поэтому расчет и создание новых типов и типоразмеров трансформаторов является достаточно трудоемкой задачей. К сказанному следует добавить, что в определенных случаях применения трансформаторов их технические характеристики и основные параметры могут меняться, а в условиях внешних воздействий могут достигать предельно допустимых значений. Поэтому при изготовлении трансформаторов к магнитопроводам, обмоточным проводам, изоляционным материалам и технологии производства предъявляются специальные, достаточно жесткие технические требования, что позволяет обеспечить высокую надежность трансформаторов при эксплуатации.

Сердечники и магнитопроводы, применяемые в трансформаторах, должны обладать высокими магнитными параметрами в слабых и сильных электрических полях, малыми потерями на вихревые токи и перемагничивание, высокой технологичностью при изготовлении, низкой стоимостью и др. В настоящем справочнике технические данные по обмоточным проводам, магнитным материалам и магнитопроводам не претендуют на всю полноту и строгость изложения, и поэтому авторы рекомендуют обращаться к фундаментальным трудам в тех случаях, когда потребуются более глубокие знания по конкретному вопросу.

Конструкция трансформаторов определяется соотношениями геометрических размеров, способом изготовления, а также типом применяемых магнитопроводов. Качественные характеристики магнитопроводов в основном зависят от применяемого магнитного материала. В зависимости от технологии изготовления магнитопроводов трансформаторы подразделяются на броневые, стержневые, тороидальные, трубчатые и пр По своему функциональному назначению трансформаторы для бытовой и офисной техники подразделяются на трансформаторы питания сетевые, трансформаторы для импульсных источников питания, трансформаторы преобразователей напряжения, трансформаторы сигнальные согласующие низкочастотные и высокочастотные, трансформаторы сигнальные импульсные и др.

В частности, трансформаторы питания сетевые малой мощности для бытовой и офисной техники включают в себя трансформаторы питания с эффективным выходным номинальным напряжением не более 380 В, предназначенные для использования в бытовой и офисной РЭА, работающей от электрической сети переменного тока с номинальной частотой 50 Гц и номинальным напряжением 127 и 220 В.

Трансформаторы для импульсных источников питания включают в себя трансформаторы однотактных и двухтактных понижающих или повышающих преобразователей напряжения, используемых для возбуждения импульсного высокочастотного напряжения без накопления энергии и для развязки и передачи энергии во вторичные цепи, а также трансформаторы обратного хода, которые обеспечивают накопление и передачу энергии в нагрузку, и развязку в обратноходовых преобразователях и стабилизаторах, работающих на частотах до 500 кГц.

Трансформаторы сигнальные согласующие включают в себя трансформаторы малой мощности, предназначенные для выполнения определенных функций по согласованию импедансов и развязки в электрических цепях блоков, узлов и устройств бытовой и офисной РЭА, работающих на низких и высоких радиочастотах. Трансформаторы сигнальные согласующие применяются чаще всего во входных и выходных каскадах устройств на полупроводниковых приборах и интегральных микросхемах для согласования входных и выходных импедансов с целью максимального снижения потерь при преобразовании и передаче электрических сигналов в широкой полосе частот.

Трансформаторы сигнальные импульсные включают в себя трансформаторы малой мощности, предназначенные для выполнения одной или нескольких функций в импульсных устройствах РЭА: для передачи, формирования, преобразования и запоминания импульсных сигналов. Данная группа трансформаторов включает в свой состав импульсные сигнальные согласующие трансформаторы, формирующие импульсные сигнальные трансформаторы, сигнальные импульсные трансформаторы выходной строчной и кадровой разверток и многие другие типы. Импульсные трансформаторы, как правило, рассчитаны на

напряжение до 220 В с коэффициентами трансформации 0,01 100 и с произведениями длительности импульса на входное импульсное напряжение 0,006 12 500 В мс

Обозначения основных электромагнитных и физических величин приведены в соответствии с установленными в ГОСТ публикациях МЭК и рекомендациях ИСО

Виды классификационных групп и их признаки увязаны с классификацией функциональных узлов РЭА, в которых они используются, а также с классификацией изделий электронной техники по условиям ее применения и требованиям по стойкости к внешним воздействиям

Глава 1. Общие сведения

1.1. Термины и определения

Система единых терминов и определений основана на действующих ведомственных и государственных стандартах, которые включают в свой состав трансформаторы малой мощности, трансформаторы питания сетевые, трансформаторы тока и напряжения, изделия электротехнические, а также средства вторичного электропитания РЭА Применяются следующие термины и основные определения.

Автотрансформатор — трансформатор, обмотки которого гальванически связаны между собой так, что имеют общую часть

Входной согласующий сигнальный трансформатор — согласующий сигнальный трансформатор для согласования полного внутреннего электрического сопротивления источника сигнала с полным входным сопротивлением функционального узла электронной аппаратуры.

Выходной согласующий сигнальный трансформатор — согласующий сигнальный трансформатор для согласования выходного полного электрического сопротивления каскада электронной аппаратуры с полным электрическим сопротивлением нагрузки.

Выходная мощность трансформатора малой мощности — сумма мощностей всех вторичных обмоток трансформатора.

Высокопотенциальный трансформатор питания электронной аппаратуры — трансформатор питания электронной аппаратуры, имеющий хотя бы в одной из точек его электрической цепи максимальный потенциал, превышающий 1 500 В амплитудного значения.

Долговечность — свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта

Диапазон частот — полоса частот, которой присвоено условное наименование

Двухобмоточный трансформатор — трансформатор, имеющий две, гальванически не связанные, обмотки

Герметичный трансформатор — трансформатор, выполненный так, что исключается возможность сообщения между его внутренним пространством и окружающей средой.

Импульсный сигнальный трансформатор — сигнальный трансформатор, предназначенный для передачи, формирования, преобразования и запоминания импульсных сигналов.

Индуктивность намагничивания трансформатора малой мощности — индуктивность первичной обмотки трансформатора малой мощности в режиме холостого хода при воздействии на трансформатор напряжения симметричной формы

Коэффициент трансформации — отношение напряжений на зажимах двух обмоток в режиме холостого хода

Коэффициент трансформации трансформатора малой мощности — отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки

Магнитная индукция — векторная величина, характеризующая магнитное поле и определяющая силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля

Магнитный поток — поток магнитной индукции

Микроминиатюрный трансформатор — трансформатор малой мощности с расстоянием между выводами не более 2,5 мм.

Микромодульный трансформатор — трансформатор с размерами не более 11,5 x 11,5 x 23 мм, технология изготовления которого позволяет производить его модульный монтаж

Напряжение холостого хода трансформатора питания — напряжение на разомкнутой вторичной обмотке при номинальной частоте и номинальном напряжении на первичной обмотке

Наработка на отказ — время бесперебойной работы объекта от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа

Однофазный трансформатор — трансформатор, в магнитной системе которого создается однофазное магнитное поле.

Повышающий трансформатор — трансформатор, у которого на первичной обмотке низшее напряжение

Регулируемый трансформатор — трансформатор, допускающий регулировку напряжения на одной или более обмоток при помощи специальных устройств, встроенных в конструкцию трансформатора.

Развязывающий сигнальный трансформатор — сигнальный трансформатор, предназначенный для гальванической развязки электрических цепей

Сетевой трансформатор питания — трансформатор питания электронной аппаратуры, предназначенный для работы от сети переменного тока.

Сигнальный трансформатор — трансформатор малой мощности, предназначенный для передачи, преобразования, запоминания электрических сигналов.

Согласующий сигнальный трансформатор — сигнальный трансформатор, предназначенный для согласования различных полных сопротивлений электрических цепей при преобразовании и передаче электрических сигналов.

Трансформатор малой мощности — трансформатор с выходной мощностью 4 кВ · А и ниже для однофазных трансформаторов, 5 кВ · А и ниже — для трехфазных.

Трансформатор питания электронной аппаратуры — трансформатор малой мощности, предназначенный для преобразования напряжения электрических сетей в напряжения, необходимые для питания электронной аппаратуры.

1.2. Классификация трансформаторов

Малогабаритные трансформаторы, применяемые в бытовой и офисной РЭА, классифицируются по следующим главным признакам:

- по условиям применения и эксплуатации, учитывающих требования по стойкости к внешним воздействующим факторам;
- по функциональному назначению, которое определяется видами РЭА;
- по параметрам входной электрической энергии (рабочее напряжение и частота);
- по конструктивно-технологическим параметрам и характеристикам, основными из которых являются конструктивные разновидности магнитопроводов.

Условия применения

Трансформаторы бытовой и офисной РЭА по признаку стойкости к механическим факторам подразделяются на группы исполнения и на категории по климатическому исполнению. Классификация трансформаторов по условиям применения и требования для каждой классификационной группы по синусоидальной вибрации и механическому удару приведены в табл. 1.1. Требования по воздействию температуры окружающей среды, повышенной влажности, атмосферному давлению и классификация трансформаторов по этим признакам приведены в табл. 1.2 Группы исполнения выбирают, исходя из условий применения трансформаторов и необходимого уровня стойкости в части механических и климатических воздействий. При выборе групп исполнения должна быть обеспечена максимальная степень унификации и минимально возможное число групп исполнения трансформаторов каждого класса.

Предпочтительными являются трансформаторы, группа исполнения которых отвечает наиболее жестким требованиям, при всех равных прочих условиях.

Конкретная группа климатического и прочих исполнений указывается в технических условиях трансформаторов

При применении трансформаторов, имеющих жесткие характеристики по стойкости к внешним воздействующим факторам (ВВФ), и трансформаторов с менее жесткими требованиями применяется индивидуальная или общая защита в составе аппаратуры: амортизация, термостатирование, герметизация и т. п., при этом меры индивидуальной защиты изделий в составе РЭА должны обеспечивать возможность применения изделий, изготовленных по пониженным эксплуатационным требованиям.

Таблица 1.1. Классификация трансформаторов по условиям применения и требованиям стойкости к внешним механическим воздействиям

Группа исполнения по стойкости к механическим факторам	Синусоидальная вибрация			Механический удар многократного действия		Механический удар одиночного действия		Характеристика наиболее часто встречающихся условий применения
	Диапазон частот, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	Степень жесткости	Пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g)	Степень жесткости	Пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g)	Степень жесткости	
М 1	1...35	5(0,5)	I	150(14)	I	–	–	В стационарной аппаратуре и приборах, устанавливаемых на неподвижных объектах, а также в РЭА и приборах, не имеющих приспособлений для переноски и требующих применения специальных мер защиты при перевозке
М 2	1...55	10(1)	II	150(15)	I	–	–	В аппаратуре и приборах, работающих на ходу и предназначенных для кратковременной переноски людьми и перевозки
М 3	1...55	20(2)	III	100(10)	I	–	–	В носимой РЭА и приборах, работающих на ходу или устанавливаемых на транспортных средствах
М 4	1. 80	50(5)	VI	150(15)	I	–	–	В РЭА и приборах, работающих на ходу, устанавливаемых на машинах и на стационарном оборудовании
М 5	1 ..200	50(5)	VIII	400(40)	II	–	–	В РЭА, работающей на ходу, устанавливаемой на тракторах и гусеничных машинах и водном транспорте (быстроходные катера, суда на подводных крыльях и т п.), на технологическом оборудовании, сухопутном транспорте при частоте вибрации более 80 Гц
М 6	1...500	100(10)	X	400(40)	II	1 500 (150)	III	В РЭА и приборах, устанавливаемых на объектах, имеющих мощные источники вибрации, а также для общего применения в промышленности при условии, что частота вибрации более 200 Гц

Назначение

В составе РЭА, приборов и аппаратуры средств связи (АСС) трансформаторы могут выполнять определенные заданные функции, предусмотренные схемными решениями. Наиболее широко трансформаторы применяются в схемах электрического питания радиотехнических устройств, в выпрямителях, фильтрах, статических преобразователях, стабилизаторах, регуляторах напряжения и тока, усилителях звуковой частоты. В схемах преобразователей с помощью трансформаторов можно преобразовывать основные

параметры электрической энергии в цепях переменного тока: напряжение, ток, число фаз и форму кривой. Каждое из преобразований, обычно, осуществляется одновременно с передачей электроэнергии электромагнитным путем в другую электрическую цепь, не связанную непосредственно с той цепью, откуда эта энергия подводится. Передача энергии при помощи трансформаторов возможна не только электромагнитным путем, но и комбинированным (электромагнитно–электрическим). Трансформаторы с таким типом передачи энергии относятся к автотрансформаторам. Существуют практические схемы, в которых трансформатор используется также для передачи электроэнергии электромагнитным путем без ее преобразования. Такой тип трансформатора, применяемый для изоляции одной электрической цепи от другой, называется изолирующим.

Таблица 1.2. Классификация трансформаторов по условиям применения и требованиям по стойкости к климатическим воздействиям

Климатическое исполнение и категория трансформатора	Температура среды, °С				Повышенная относительная влажность				Атмосферное пониженное давление, кПа (мм рт. ст.)	
						Среднемесячная в наиболее теплый и влажный период				
	Повышенная рабочая	Повышенная предельная	Пониженная рабочая	Пониженная предельная	Верхнее значение	Значение	Продолжительность, мес	Степень жесткости	Рабочее	Предельное
УХЛ 4	55 ..200	60	1	– 60	80% при 25°С	65% при 20°С	12	I	70 (525)	19,4 (145)
УХЛ 4.2										
УХЛ 1.1			– 10		98% при 25°С	80% при 20°С	2	II	53,3 (400)	
УХЛ 3	40...150		– 25				6	III	70 (525)	
УХЛ 3.1										
УХЛ 2.1										
УХЛ 1	55...200		– 45		100% при 25°С			IV	53,3 (400)	
УХЛ 2										
УХЛ 5.1			– 60		98% при 25°С	90% при 20°С	12	VI	70 (525)	
В 4 2	70 ..200	55	1		98% при 35°С и более низких температурах без конденсации влаги	80% при 27°С	3	VII	53,3 (400)	
В 4			– 10				12	VIII		
В 3 1										
Т 3										
Т 3.1										
В 1.1		60	– 25			90% при 27°С	4	XI	70 (525)	
Т 1.1										
В 2 1			– 60				12	X	53,3 (400)	
В 5 1										
Т 2 1										
Т 5 1										

Следует отметить, что обычно в трансформаторах осуществляется одновременно преобразование не одного, а нескольких перечисленных выше параметров электрической энергии. Так, преобразование напряжения всегда происходит с изменением тока.

По признаку функционального назначения трансформаторы могут быть классифицированы на группы: трансформаторов питания, преобразователей питания и трансформаторов согласования.

Разновидности характеристик трансформаторов питания малой мощности:

- по напряжению — низковольтные, высоковольтные и высокопотенциальные;
- по частоте питающей сети;
- по числу фаз — однофазные, трехфазные, шестифазные и т. д.;
- по коэффициенту трансформации — повышающие и понижающие;
- по числу обмоток — двухобмоточные и многообмоточные;
- по виду связи между обмотками — трансформаторы с электромагнитной связью (с изолированными обмотками) и трансформаторы с электромагнитной и электрической связью, то есть со связанными обмотками;
- по конструкции магнитопроводов;
- по конструкции обмоток — катушечные, галетные и тороидальные;
- по конструкции всего трансформатора — открытые, капсулированные и закрытые;
- по назначению — выпрямительные, накальные, анодные, анодно-накальные и т. д.

Частота

Рабочая частота трансформатора — один из наиболее важных параметров, который определяет основные характеристики блока или узла, назначение и область возможного применения. По этому признаку трансформаторы могут быть классифицированы на трансформаторы пониженной частоты (менее 50 Гц), промышленной частоты (50 Гц), повышенной промышленной частоты (400, 1 000, 2 000 Гц), повышенной частоты (до 10 кГц) и высокой частоты (свыше 10 кГц).

Выходное напряжение

По признаку входной и выходной электроэнергии трансформаторы можно разделить на низковольтные, у которых напряжение любой обмотки не превышает 1 000 В, и высоковольтные, у которых напряжение любой обмотки превышает 1 000 В.

Номинальные напряжения систем электроснабжения, источников питания, преобразователей и присоединенных к ним приемников электрической энергии определены в соответствии с требованиями ГОСТ·

- для источников и преобразователей — 6; 12, 28,5; 42; 62; 115; 230 В для однофазного переменного тока и 42, 62, 230; 400; 690 В для трехфазного переменного тока;
- для сетей и приемников (трансформаторов) — 6, 12, 27, 40, 60, 110, 220 В для однофазного переменного тока и 40, 60, 220, 380, 660 В для трехфазного переменного тока.

Кроме вышеуказанных стандартизованных значений напряжения допускается применять другие номинальные напряжения:

- 7 В — для генераторов в системах электрооборудования мотоциклов и для источников электроэнергии автотракторной техники;
- 24 В однофазного тока частотой 50 Гц — для преобразователей, сетей и приемников общепромышленного назначения;
- 26 В (преобразователи) и 2 В (приемники) однофазного тока частотой 50 Гц и 400 Гц — для корабельного электрооборудования;
- 36 В (источники, преобразователи и приемники) трехфазного тока частотой 400 и 1 000 Гц — для авиационной техники и летательных аппаратов;
- 42 В — для сетей однофазного и трехфазного тока;
- 120, 208 В (источники, преобразователи) и 115, 220 В (приемники) частотой 400 и 1 000 Гц — для авиационной техники и летательных аппаратов;
- 36 В частотой 50 и 200 Гц (источники, преобразователи, приемники) — для ранее разработанного оборудования и приборов;
- 208 В (источники) и 200 В (приемники) однофазного тока частотой 6 000 Гц — для летательных аппаратов в технически обоснованных случаях.

Для источников и преобразователей допускается применять регулируемую установку напряжения, выбираемую из следующего ряда: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10 и 15% от номинальных значений. Допустимые отклонения от номинальных значений напряжений могут быть двусторонние симметричные и несимметричные, а также односторонние.

При эксплуатации АСС и аппаратуры электросвязи применяется однофазное переменное напряжение и фазные напряжения трехфазного тока, которые должны соответствовать следующим значениям: номинальное напряжение — 220 В; рабочее напряжение — 187...242 В включительно для питания от электросети общего назначения; 213...227 В включительно для питания аппаратуры от электросети общего назначения через устройства регулирования; частота напряжения — 50 Гц; пределы изменения частоты — 47,5...52,5 Гц включительно; допускаемый коэффициент нелинейных искажений — не более 10%.

Номинальные значения переменных напряжений на выходе устройств и блоков питания и входных питающих напряжений функциональных узлов, ППП, микросхем и блоков РЭА, имеющих в своем составе трансформаторы и оформленных основным комплектом конструкторской документации выбираются из ряда: 1,2; 2,4; 3,15; 5,0; 6,0 (6,3); 12,0 (12,6); 15,0; 24,0; 27,0; 36,0; 40,0; 60,0; 80,0; (110); 115; 127; 200; 220 и 380 В.

Схема трансформатора

Многообразие схемных решений трансформаторов определяет их классификацию по числу обмоток: одно–, двух– и многообмоточные.

Примером однообмоточных трансформаторов являются автотрансформаторы, в которых между первичной и вторичной обмотками кроме электромагнитной связи существует также и непосредственная электрическая связь. Автотрансформаторы не имеют гальванической развязки. Как уже отмечалось, в автотрансформаторе передача электрической энергии осуществляется комбинированным путем.

Двухобмоточные трансформаторы с фиксированным коэффициентом трансформации имеют две обмотки (первичную и вторичную), а многообмоточные трансформаторы имеют несколько вторичных обмоток. Все обмотки двухобмоточных и многообмоточных трансформаторов электрически не связаны друг с другом.

Конструкция

В основу конструктивно–технологических признаков классификации трансформаторов положена конструкция магнитопровода или сердечника, которые определяют вид трансформатора. По конструкции магнитопровода определяется конструкция трансформатора, а название магнитопровода отражается в названии трансформатора. Промышленностью изготавливаются броневые, стержневые, кольцевые (тороидальные) магнитопроводы и магнитопроводы сложных (специальных) конфигураций. Броневые трансформаторы изготавливаются на магнитопроводах типов Ш, ШЛ, Б, ОБ, Х, Кв. и др. Все обмотки трансформатора располагаются на среднем стержне. Наличие только одной катушки, более полное заполнение окна магнитопровода обмоточным проводом, частичная защита катушки с обмотками от механических повреждений и хорошее ее магнитное экранирование выгодно отличают броневые трансформаторы от других типов.

Магнитопроводы и сердечники трансформаторов составляют большую группу изделий, изготавливаемых промышленностью в виде унифицированных конструкций по КД, отвечающей требованиям ГОСТ. Различные типы и типоразмеры магнитопроводов и сердечников приведены в соответствующих разделах справочника. Для изготовления магнитопроводов и сердечников применяются магнитомягкие и магнитотвердые магнитные материалы, обладающие высокой магнитной проницаемостью в сильных магнитных полях, малыми потерями на вихревые токи и перемагничивание. Принадлежность к тому или иному классу материала определяется кривой намагничивания и параметрами петли гистерезиса.

1.3. Требования и нормы условий эксплуатации

Малогабаритные трансформаторы питания и согласования эксплуатируются, как правило, в составе различных функциональных узлов РЭА и приборов, а также в составе электротехнических изделий, на которые распространяются требования соответствующих государственных стандартов. Характерной особенностью всех трансформаторов является их эксплуатация, равно как и всей радиоэлектронной аппаратуры, в различных климатических зонах страны, когда на них действуют в комплексе механические, биологические, климатические и другие внешние воздействующие факторы. При этом трансформаторы должны сохранять свои параметры и характеристики в пределах норм, установленных техническими заданиями на их разработку или техническим условиям в течение сроков службы и сроков сохранности в процессе воздействия указанных факторов, значения и нормы которых рассматриваются в настоящей главе. Малогабаритные трансформаторы в подавляющем большинстве предназначены для эксплуатации, хранения и транспортировки в расчетных диапазонах значений климатических или других факторов. Дополнительно

к этим диапазонам факторов, в пределах которых при эксплуатации обеспечивается работоспособность трансформаторов, могут быть установлены один или несколько более узких диапазонов факторов, в пределах которых обеспечивается более узкий диапазон отклонений параметров. В ряде случаев в пределах этих диапазонов, устанавливается несколько значений одного и того же фактора при выборе требований в отношении различных этапов эксплуатации или отдельных технических характеристик, например, несколько значений верхней и эффективной температуры при различных ресурсах или сроках службы.

Требования экономической и технической целесообразности диктуют изготовление трансформаторов, пригодных для эксплуатации в нескольких климатических районах и местах размещения, которые приведены в соответствующих таблицах справочника. Малогабаритные трансформаторы могут эксплуатироваться в макроклиматических районах и местах размещения, отличающихся от тех, для которых они предназначены, если воздействующие факторы в период эксплуатации не выходят за пределы номинальных значений, установленных для них. Например, трансформаторы климатического исполнения УХЛ 4 могут в летний период эксплуатироваться в условиях УХЛ 2.

При эксплуатации трансформаторов в условиях, где значения воздействующих факторов выходят за пределы установленных номинальных значений, основные технические параметры и характеристики не гарантируются. Поэтому промышленностью изготавливаются трансформаторы, которые могут эксплуатироваться в нескольких макроклиматических районах и местах размещения или же для хранения в различных условиях попеременно в течение разных сроков. В этих случаях сочетания различных условий эксплуатации или хранения со сроками пребывания в этих условиях указываются дополнительно.

Условия эксплуатации, транспортировки, хранения и упаковки комплектующих ЭРЭ устанавливаются более жесткими, и к ним предъявляются более высокие требования, чем к аппаратуре, в которой они используются.

Для конкретных типов или групп трансформаторов указывается несколько значений одного и того же внешнего воздействующего фактора при установлении требований в отношении отдельных технических характеристик. Указывается, например, несколько верхних значений температуры при различной продолжительности наработки трансформаторов на отказ. Также указываются разные степени жесткости для одного и того же вида механических нагрузок при установлении требований по прочности и устойчивости. К трансформаторам, в технически обоснованных случаях, предъявляются требования по внешним воздействующим факторам более жестких значений, чем указаны в справочнике и которые соответствуют принятым в ГОСТ.

Если при эксплуатации трансформаторы не подвергаются воздействию каких–либо внешних факторов, то и требования по воздействию этих факторов не предъявляются. Если трансформатор разрабатывается только для конкретного объекта, и по выполняемым функциям и характеристикам пригоден только для данной аппаратуры, то предъявляемые к данному трансформатору требования могут отличаться от указанных в настоящем справочнике, и устанавливаются исходя из условий работы трансформатора в данном объекте. В некоторых случаях к трансформаторам, рассматриваемым в настоящем справочнике, из технических соображений невозможно или нецелесообразно предъявлять жесткие требования. Тогда с учетом возможных мер индивидуальной защиты в аппаратуре, к ним предъявляются менее жесткие требования и нормы эксплуатации. При этом меры защиты должны обеспечивать возможность применения трансформатора, разработанного по пониженным требованиям, в условиях, соответствующих заданной степени жесткости.

Промышленностью все трансформаторы изготавливаются в различных климатических исполнениях. Эти исполнения имеют буквенное или цифровое обозначения, перечень которых приведен в табл. 1.3, и соответствуют принятым в ГОСТ 15150–69. Трансформаторы в этих исполнениях, в зависимости от места размещения, в воздушной среде и на высотах до 4 300 м изготавливаются по категориям размещения, которые, в свою очередь, подразделяются на укрупненные и дополнительные. Характеристика и обозначение категорий размещения трансформаторов и других изделий приведены в табл. 1.4. Для трансформаторов, электротехнических изделий и аппаратуры, предназначенных для эксплуатации только в безвоздушной среде и/или при атмосферном давлении менее 53,3 кПа (400 мм рт. ст.), в том числе на высотах более 4 300 м, понятие категории изделий не применяют во всех стадиях эксплуатации. Если один и тот же трансформатор предназначен для эксплуатации как в воздушной среде на высотах до 4 300 м, так и в безвоздушной среде и/или при атмосферном давлении менее 53,3 кПа, в том числе на высотах более 4 300 м, то понятие категории изделий применяют только для стадии эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4 300 м.

Важным признаком для классификации трансформаторов по эксплуатационным характеристикам является разделение на группы видов аппаратуры, в которой применяются эти трансформаторы, и разделение их на группы в зависимости от значений пониженного давления. Состав групп по видам аппаратуры, в которых находят применение трансформаторы, приведены в табл. 1.5. Зависимость рабочих значений атмосферного давления от высоты над уровнем моря и обозначение групп пониженного давления приведены в табл. 1.6. При изготовлении трансформаторов часто используется термин «вид климатического

исполнения», который включает рассмотренные понятия и их сочетания исполнение, категория и группа по пониженному давлению Например, такой вид климатического исполнения, как УХЛ 204а

Таблица 1.3. Виды климатических исполнений трансформаторов

Климатические исполнения	Обозначения			Краткая характеристика макроклиматического района
	русскими буквами	латинскими буквами	цифрами	
Трансформаторы, предназначенные для эксплуатации на суше, в реках и озерах				
Для макроклиматического района с умеренным климатом	У	(N)	0	Средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха равна или ниже +40 °С, а средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха равна или выше – 45 °С
Для макроклиматического района с умеренным и холодным климатом	УХЛ	(NF)	1	Средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха ниже – 45 °С
Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом	ТВ	(TH)	2	Сочетания температуры равной или выше + 20 °С и относительной влажности, равной или выше 80%, наблюдается примерно 12 или более часов в сутки за 2 12 мес в году
Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом	ТС	(TA)	3	Средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха выше + 40 °С и не отнесенные к ТВ
Для макроклиматического района как с сухим, так и с влажным тропическим климатом	Т	(T)	4	Температура + 20 °С и выше при относительной влажности равной или выше 80% или + 40 °С и выше
Для всех макроклиматических районов на суше, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом	О	(U)	5	
Трансформаторы, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с морским климатом				
Для макроклиматического района с умеренно-холодным морским климатом	М	(M)	6	Моря, океаны и прибрежная территория в пределах непосредственного воздействия морской воды, расположенные севернее 30° северной широты или южнее 30° южной широты
Для макроклиматического района с тропическим морским климатом, в том числе для судов каботажного плавания	ТМ	(MTU)	7	Моря, океаны и прибрежная территория в пределах непосредственного воздействия морской воды, расположенные между 30° северной и южной широт
Для макроклиматического района, как с умеренно-холодным, так и тропическим климатом, в том числе для судов неограниченного плавания	ОМ	(W)	8	Среднемесячное значение относительной влажности в сочетании с предельным значением температуры для категории изделий 1,2,5 равно 100% при + 35 °С, для категории изделий 1 1, при продолжительности воздействия 4 мес в год равно 98% при + 35 °С, для категории 2 1, 5 1, 3, 3 1, 4 равно 98% при + 35 °С, для категории 4 1 — 80% при + 25 °С
Для всех макроклиматических районов на суше и на море, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (всеклиматическое исполнение)	В	(W)	9	К макроклиматическому району с очень холодным климатом, где средняя минимальная температура ниже – 60 °С

Таблица 1.4. Категории размещения трансформаторов

Характеристика укрупненных категорий	Обозначение	Характеристика дополнительных категорий	Обозначение
Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района	1	Для хранения в процессе эксплуатации в помещениях категории 4 и работы, как в условиях категории 4, так и (кратковременно) в других условиях, в том числе на открытом воздухе	1.1
Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах). где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, при- цепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а так же в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)	2	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 1, 1.1, 2, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри РЭА)	2 1
Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических помещениях с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях и др	3	Для эксплуатации в нерегулярно отапливаемых помещениях (объемах)	3.1
Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых и вентилируемых и отапливаемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях	4	Для эксплуатации в помещениях с кондиционированным воздухом	4 1
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью, например, в не отапливаемых и не вентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах, в почве, а также таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке (в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т.п)	5	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категории 5, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах, например, внутри РЭА и приборов	5.1

Приведенные в таблицах 1.3 и 1.4 исполнения и категории, а также их сочетания, используемые при изготовлении трансформаторов· У, ХЛ, У4.1, ХЛ4.1, У4.2, ХЛ4.2, Т4, Т4.1, Т4.2, ТС2.1, О3 и О3.1 не применяются, так как изделия этих видов климатических исполнений удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделиям следующих видов климатических исполнений соответственно: УХЛ4, УХЛ4.1, УХЛ4.2, О4, О4.1, О4.2, ТС2, В3 и В3 1

Цифровые обозначения видов климатических исполнений трансформаторов, приведенные в табл. 1.3 применяются исключительно для компьютерной обработки данных. В скобках приведены обозначения, принятые в международных стандартах. Характеристика видов и значений параметров, механических и климатических факторов, отражающие условия эксплуатации трансформаторов подразделяются по степеням жесткости. Связи между степенями жесткости по влажности воздуха и исполнением трансформаторов приведены в табл. 1 7

Таблица 1.5. Состав групп РЭА с трансформаторами

Группа	Вид РЭА	Условия эксплуатации	Категория
I	Телевизионные и радиовещательные приемники, магнитолы, магнитофоны, плееры, видеомагнитофоны, музыкальные центры, диктофоны, усилители, тюнеры, усилители звуковой частоты, приемники трехпрограммного вещания	В лабораторных, капитальных жилых и других помещениях подобного типа	4 2
II	Автомобильные радиовещательные приемники, магнитолы, магнитофоны, приставки КВ диапазона, телевизоры	В передвижных средствах и в автомобильном транспорте	2
III	Телевизионные приемники, видеомагнитофоны, телевизионные камеры передающие, электрофоны, магнитолы, магнитофоны, имеющие специальные приспособления для переноски	На открытом воздухе Не рассчитаны для работы в условиях движения	1 1
IV	Радиовещательные и телевизионные приемники, магнитолы, магнитофоны, видеомагнитофоны, телевизионные камеры, диктофоны, электрофоны	На открытом воздухе Рассчитаны для работы в условиях движения (на ходу, в салоне автомобиля)	1 1

Таблица 1.6. Зависимость рабочих значений атмосферного давления от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, км	Атмосферное давление				Обозначение групп пониженного давления
	Нижнее значение		Среднее значение по ГОСТ 4401–81		
	кПа	мм рт ст	кПа	мм рт ст	
1, 0	86, 6	650	89, 9	674	—
2, 0	73, 3	550	79, 5	596	—
2, 4	70, 0	525	75, 6	567	а
3, 0	64, 0	480	70, 1	526	—
3, 5	60, 0	450	65, 9	493	б
4, 0	56, 0	420	61, 1	462	—
4, 3	53, 3	400	59, 3	445	в
5, 0	48, 0	360	54, 0	405	—
6, 0	42, 0	315	47, 2	354	—
7, 0	35, 7	275	41, 1	308	—
8, 0	31, 3	235	35, 6	267	—
9, 0	28, 0	210	30, 8	231	—
9, 4	26, 7	200	29, 0	218	г
10, 0	24, 3	182	26, 5	199	—
12, 0	18, 0	135	19, 4	145	—
14, 4	12, 0	90	13, 3	100	д
15, 0	10, 7	80	12, 1	91	—
16, 0	8, 6	64	10, 4	78	—
18, 0	6. 4	48	7. 6	57	—
20, 0	4, 4	33	5, 5	41	е
26, 0	2, 0	15	2, 2	16	ж
31, 0	1, 0	7, 5	1, 0	7, 7	—
34, 0	0, 6	5, 0	0, 6	5	з
45, 8	$1,3 \cdot 10^{-1}$	1, 0	$1,3 \cdot 10^{-1}$	1	и
63, 6	$1,3 \cdot 10^{-2}$	10^{-1}	$1,3 \cdot 10^{-2}$	10^{-1}	к
91, 7	$1,3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$1,3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	л
200, 0	$1,3 \cdot 10^{-7}$	10^{-6}	$1,3 \cdot 10^{-7}$	10^{-6}	м
Космос	$1,3 \cdot 10^{-10}$	10^{-9}	$1,3 \cdot 10^{-10}$	10^{-9}	н
Средний космос	$1,3 \cdot 10^{-13}$	10^{-12}	$1,3 \cdot 10^{-13}$	10^{-12}	о
Дальний космос	$1,3 \cdot 10^{-14}$	10^{-13}	$1,3 \cdot 10^{-14}$	10^{-13}	п

Таблица 1.7. Категории размещения трансформаторов

Степень жесткости	Климатическое исполнение	Категория размещения	Характеристика места размещения
I	У, ХЛ, ТС	4; 4.1, 4.2	Для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых и вентилируемых производственных помещениях
	ТС	2; 3	Для работы в закрытых помещениях без искусственно регулируемых климатических условий; в кожухе комплектного устройства под навесом
II	У, ХЛ	1 1	Для работы в переносной аппаратуре; кратковременно на открытом воздухе
I	ТС	1	Для работы на открытом воздухе
III	У, ХЛ	3	Для работы в помещениях без искусственно регулируемых климатических условий и несущественными колебаниями температуры и влажности
IV	У, ХЛ	1; 2	Для работы на открытом воздухе. В помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе; в кожухе аппаратуры (комплектного устройства), предназначенной для работы на открытом воздухе
V	У, ХЛ	5	Для работы в помещениях с повышенной влажностью, в том числе подвалы, невентилируемые подземные, некоторые судовые, некоторые производственные помещения
VI	Т, ТВ, ТМ, ОМ, О, В	4.2	Для работы в помещениях лабораторного типа, капитальных жилых домов и т. п.
	М	3; 4	Для работы в помещениях
VII	Т, ТВ	3; 4	Для работы в помещениях без искусственно регулируемых климатических условий и несущественными колебаниями температуры и влажности; в отапливаемых (или охлаждаемых) и вентилируемых помещениях
	М	1, 2	Для работы на открытом воздухе или под навесом
VIII	Т, ТВ, ТМ, ОМ	1, 2; 5	Для работы на открытом воздухе, под навесом, в помещениях без искусственно регулируемых климатических условий, в кожухе комплектного изделия, предназначенного для работы на открытом воздухе, во влажных помещениях

Климатические факторы

Нормальные значения температуры окружающего воздуха, отражающие условия эксплуатации трансформаторов приведены в табл. 1.8. В трансформаторах исполнения У, которые по условиям эксплуатации могут иметь перерывы в работе при эпизодическом падении температуры ниже – 40 ^{0}С, нижнее значение рабочей температуры в технически обоснованных случаях принимается равным – 40 ^{0}С. Для изделий исполнения ТВ в некоторых областях с субтропическим климатом нижнее предельное значение принимается равным – 10 ^{0}С.

Рабочие значения влажности воздуха или сочетания относительной влажности и температуры приведены в табл. 1.9. В этой таблице также указаны степени жесткости по относительной влажности. Для встроенных трансформаторов в аппаратуре (комплексных изделиях), конструктивное оформление которой исключает возможность конденсации влаги на этих трансформаторах, вместо указанном в табл. 1.9 верхнем значении относительной влажности 100% с конденсацией влаги указывают верхнее значение 98% без конденсации влаги. Среднемесячное значение влажности воздуха используется при оценке возможных в течение срока службы и хранения изменений параметров трансформаторов, связанных со сравнительно длительными процессами Степени жесткости по температуре внешней среды, отражающие условия эксплуатации изделий электронной техники и электротехники приведены в табл. 1.10.

Установленные для изделий электронной техники, в том числе трансформаторов различного назначения, степени жесткости по относительной влажности воздуха при среднемесячных значениях температуры приведены в табл. 1.11 Степени жесткости по давлению воздуха или другого газа, соответствующие требованиям государственных стандартов, приведены в табл. 1 12.

Таблица 1.8. Значения рабочей температуры окружающего воздуха при эксплуатации трансформаторов

Исполнение изделия	Категория изделия	Значения температуры воздуха, °C				
		рабочие			предельные рабочие	
		верхнее	нижнее	среднее	верхнее	нижнее
У	1, 1.1; 2; 2.1; 3	+ 40	− 45	+ 10	+ 45	− 50
	3.1	+ 40	− 10	+ 10	+ 45	− 10
	5; 5.1	+ 35	− 5	+ 10	+ 35	− 5
ХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+ 40	− 60	+ 10	+ 45	− 60
	3.1	+ 40	− 10	+ 10	+ 45	− 10
	5; 5.1	+ 35	− 10	+ 10	+ 35	− 10
УХЛ	1; 1 1, 2; 2.1; 3	+ 40	− 60	+ 10	+ 45	− 60
	3 1	+ 40	− 10	+ 10	+ 45	− 10
	4	+ 35	+ 10	+ 20	+ 40	+ 1
	4.1	+ 25	+ 1	+ 20	+ 40	+ 1
	4.2	+ 35	+ 10	+ 20	+ 40	+ 1
	5, 5.1	+ 35	− 10	+ 10	+ 35	− 10
М	4.2	+ 40	+ 1	+ 20	+ 40	+ 1
ТМ	1, 1.1; 2; 2.1; 3; 5; 5.1	+ 45	+ 1	+ 27	+ 45	+ 1
	4	+ 45	+ 1	+ 27	+ 45	+ 1
	4.1	+ 35	+ 10	+ 20	+ 40	+ 1
	4.2	+ 45	+ 1	+ 27	+ 45	+ 1
ОМ	1; 1.1; 2; 2.1; 3; 5; 5.1	+ 45	− 40	+ 27	+ 45	− 40
	3.1; 4	+ 45	− 10	+ 27	+ 45	− 10
	4.1	+ 35	+ 15	+ 20	+ 40	+ 1
В	1, 1.1; 2; 2.1; 3	+ 45	− 60	+ 27	+ 35	− 60
	3.1; 4	+ 25	+ 10	+ 27	+ 55	− 10
	4.1	+ 25	+ 10	+ 20	+ 45	+ 1
	4.2	+ 45	+ 1	+ 27	+ 45	+ 1
	5; 5 1	+ 45	− 40	+ 27	+ 45	− 40

Таблица 1.9. Рабочие значения относительной влажности воздуха и температуры при эксплуатации трансформаторов

Исполнение изделия	Категория изделия	Относительная влажность		
		Среднемесячное значение в наиболее теплый период и продолжительность действия		Верхнее значение, %
		значение, %	продолжительность, мес	
УХЛ	4; 4 1; 4.2	65 при 20 °C	12	80 при 25 °C
У	1; 2	80 при 20 °C	6	100 при 25 °C
УХЛ (ХЛ)	1.1	80 при 20 °C	2	98 при 25 °C
	2 1; 3, 3 1	80 при 20 °C	6	98 при 25 °C
	5	90 при 20 °C	12	100 при 25 °C
	5.1	90 при 20 °C	12	98 при 25 °C

Окончание таблицы 1.9

Исполнение изделия	Категория изделия	Относительная влажность		
		Среднемесячное значение в наиболее теплый период и продолжительность действия		Верхнее значение, %
		значение, %	продолжительность, мес	
ТС	1	65 при 20 °С	12	100 при 10 °С
	1.1; 2; 3; 3.1	65 при 20 °С	12	100 при 10 °С
	4; 4.1; 4.2	65 при 20 °С	12	80 при 25 °С
	5	90 при 20 °С	12	100 при 25 °С
	5.1	90 при 20 °С	12	98 при 25 °С
ТВ, Т, О, В, ТМ, ОМ	1; 2; 5	90 при 27 °С	12	80 при 25 °С
	1.1	90 при 27 °С	4	100 при 25 °С
	2.1; 5.1	90 при 27 °С	12	98 при 35 °С
	3; 3.1; 4	80 при 27 °С	12	98 при 35 °С
	4.1	65 при 20 °С	12	80 при 25 °С
	4.2	80 при 27 °С	3	98 при 35 °С
М	1; 2	90 при 20 °С	6	100 при 25 °С
	1.1	90 при 20 °С	2	98 при 25 °С
	2.1	90 при 20 °С	6	98 при 25 °С
	3; 4; 3.1	80 при 20 °С	6	98 при 25 °С
	4.1	65 при 20 °С	12	80 при 25 °С
	4.2	80 при 20 °С	2	98 при 25 °С
	5	90 при 20 °С	12	100 при 25 °С
	5.1	90 при 20 °С	12	98 при 25 °С

Таблица 1.10. Степени жесткости по температуре воздуха при эксплуатации трансформаторов, их транспортировке и хранении

Воздействующие факторы		Значения		Степень жесткости
		°С	К	
Температура воздуха или другого инертного газа при эксплуатации трансформаторов	Верхнее значение	40	313	I
		45	318	II
		50	323	III
		55	328	IV
		60	333	V
		70	343	VI
		85	358	VII
		100	373	VIII
		125	398	IX
		155	428	X
		200	473	XI
		250	523	XII
		315	588	XIII
		400	673	XIV
		500	773	XV

Окончание таблицы 1.10

Воздействующие факторы		Значения °C	Значения К	Степень жесткости
Температура воздуха или другого инертного газа при эксплуатации трансформаторов	Нижнее значение	+ 1 – 5 – 10 – 25 – 30 – 40 – 45 – 60 – 85	274 268 263 248 243 233 228 213 183	I II III IV V VI VII VIII IX
Температура воздуха или другого газа при транспортировке и хранении	Верхнее значение	+ 50 + 60	323 333	I II
	Нижнее значение	– 50 – 60 – 85	223 213 188	I II III

Таблица 1.11. Степени жесткости по относительной влажности внешней среды при эксплуатации, транспортировке и хранении трансформаторов

Верхнее значение относительной влажности, %	Среднемесячные значения в наиболее теплый и влажный период и продолжительность их воздействия		
	Значения, %	Продолжительность, мес	Степень жесткости
80 при 25 °C и более низких температурах без конденсации влаги	65 при 20 °C	12	I
98 при 25 °C и более низких температурах без конденсации влаги	80 при 20 °C	2	II
98 при 25 °C и более низких температурах без конденсации влаги	80 при 20 °C	6	III
100 при 20 °C и более низких температурах с конденсацией влаги	80 при 27 °C	6	IV
100 при 25 °C и более низких температурах с конденсацией влаги	90 при 27 °C	12	V
98 при 35 °C и более низких температурах без конденсации влаги	80 при 27 °C	3	VI
98 при 35 °C и более низких температурах без конденсации влаги	80 при 27 °C	12	VII
100 при 35 °C и более низких температурах с конденсацией влаги	90 при 20 °C	12	VIII

Таблица 1.12. Степени жесткости при эксплуатации трансформаторов в условиях повышенного или пониженного давления

Давление	Значения		Степень жесткости
	мм рт. ст.	Па	
Пониженное атмосферное	525	70 000	I
	400	53 600	II
	200	26 630	III
	90	12 000	IV
	15	2 000	V
	5	666	VI
	1	133,32	VII
	10^{-1}	13,332	VIII
	10^{-3}	1,333	IX
	10^{-6}	0,00013	X
Повышенное воздуха или другого газа	1 115	148 599	I
	2 230	297 198	II

Механические нагрузки

К трансформаторам, как к электротехническим изделиям, предназначенным для работы в условиях воздействия механических нагрузок, предъявляются требования по прочности и устойчивости при воздействии этих нагрузок. Виды механических воздействующих факторов и значения их характеристик (в частности, степени жесткости), в обобщённой форме, отражающие условия эксплуатации, приведены в табл. 1.13. Для всех приведенных в этой таблице диапазонов частот амплитуда вибрации не превышает 10 мм. В технически обоснованных случаях и при наличии данных по характеристикам случайной вибрации, возникающей при эксплуатации, к трансформаторам могут предъявляться требования по воздействию случайной вибрации, взамен требований по вибрационным нагрузкам, указанным в данной таблице. Степени жесткости XVI — XX по вибрационным нагрузкам применяются для трансформаторов миниатюрных и сверхминиатюрных конструкций. При этом следует иметь в виду, что степень жесткости XX по вибрационным нагрузкам применяется в технически обоснованных случаях в качестве дополнительного требования к другим степеням жесткости.

Таблица 1.13. Виды механических воздействующих факторов и значения их характеристик

Воздействующие факторы	Значения характеристик				Степень жесткости
	Диапазон частот, Гц	Максимальное ускорение		Длительность удара, мс	
		g	м/с^2		
Вибрационные нагрузки	1..35	0,5	4,91	–	I
	1..60	1	9,81	–	II
	1...60	2	19,6	–	III
	1...80	5	49,1	–	IV
	1...100	1	9,81	–	V
	1...200	5	49,1	–	VI
	1...200	10	98,1	–	VII
	1...600	5	49,1	–	VIII
	1...600	10	98,1	–	IX
	1...1 000	10	98,1	–	X
	1.. 2 000	5	49,1	–	XI
	1...2 000	10	98,1	–	XII
	1 ..2 000	15	147,1	–	XIII
	1 ..2 000	20	196,2	–	XIV
	1. .3 000	20	196,2	–	XV
	1 . 5 000	10	98,1	–	XVI
	1 ..5 000	20	196,2	–	XVII
	1...5 000	30	294,3	–	XVIII
	1...5 000	40	392,4	–	XIX
	100...5 000	40	392,4	–	XX

Окончание таблицы 1.13

Воздействующие факторы		Значения характеристик				Степень жесткости
		Диапазон частот, Гц	Максимальное ускорение		Длительность удара, мс	
			g	м/с²		
Ударные нагрузки	Многократные удары	–	15	147,1	2...15	I
		–	40	392,4	2. .10	II
		–	75	735,7	2...6	III
		–	150	1 471,5	1...3	IX
	Одиночные удары	–	4	39,2	40...60	I
		–	20	196,2	20...50	II
		–	75	735,7	2...6	III
		–	150	1 471,5	1...3	IV
		–	500	4 905,0	1 ..2	V
		–	1 000	9 810,0	0,2.. 1	VI
		–	1 500	14 710,0	0,2...0,5	VII
		–	3 000	29 400,0	0,2 .0,5	VIII
Линейные (центробежные) нагрузки		–	10	98,1	–	I
		–	25	245,2	–	II
		–	50	491,0	–	III
		–	100	981,0	–	IV
		–	150	1 471,5	–	V
		–	200	1 962,0	–	VI
		–	500	4 905,0	–	VII

Нормированным значениям ускорений, приведенным в табл. 1.13 соответствуют нормированные значения длительности удара и значения резонансных частот. Значения длительности удара для выборочного ряда ускорений приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.14. Значення характеристик при механическнх нагрузках прн эксплуатации трансформаторов

Степень жесткости	Ускорение		Длительность, мс	Общее количество ударов
	g	м/с²		
I	15	147,1	2...15	10 000
II	40	392,4	2 ..10	10 000
III	75	735,7	2...6	4 000
IV	150	1 471,5	1...3	4 000

Глава 2. Трансформаторы питания сетевые малой мощности

2.1. Общие сведения

Бытовая и офисная РЭА, выполненная на ППП и микросхемах обладает рядом специфических характеристик и параметров цепей питания функциональных блоков и узлов. Эти характеристики и параметры определяются, в основном, значениями напряжения и потребляемых токов. В устройствах электропитания бытовой радиоэлектронной аппаратуры широко применяются трансформаторы питания сетевые малой мощности типа ТПП, ТС и «Мультек», работающие от промышленных и специальных сетей переменного тока напряжением 40, 115, 127 и 220 В и частотой 50 и 400 Гц. Эта группа трансформаторов отличается от других трансформаторов питания низкими значениями напряжения вторичных обмоток. Они охватывают широкий диапазон значений напряжения и тока при мощностях, не превышающих 500 В · А.

Промышленностью изготавливается более 600 наименований трансформаторов типа ТПП в унифицированных конструкциях на броневых магнитопроводах с одной катушкой. Конструктивные характеристики малогабаритных трансформаторов типа ТПП зависят от габаритной мощности, типоразмера применяемого магнитопровода, номинальных значений напряжения питания и климатического исполнения.

Малогабаритные трансформаторы типа ТПП имеют несколько вторичных обмоток, рассчитанных на различные значения тока и напряжения, которые при последовательном и параллельном соединении позволяют получать всевозможные сочетания тока и напряжения для питания устройств различного функционального назначения. Трансформаторы охватывают широкий диапазон выходных напряжений (0,06. .220 В) и токов (0,02.. 25 А) при мощности 1,0...450 В · А.

Конструкция трансформаторов типа ТПП в зависимости от заданных условий эксплуатации и электрических параметров изготавливаются с учетом внешних воздействующих факторов: климатических, механических, биологических, радиоизлучения и др., основные нормы и параметры которых рассмотрены в первой главе. В зависимости от требований по влагоустойчивости трансформаторы типа ТПП изготавливаются в двух вариантах — во всеклиматическом исполнении и исполнении УХЛ для эксплуатации в умеренно холодном климате. Условия применения и требования по стойкости трансформаторов к климатическим воздействиям рассмотрены в табл. 1.7—1.9. Категории размещения трансформаторов приведены в табл. 1.7 Условия применения и требования к механическим воздействиям рассмотрены в табл. 1.10—1.14.

2.2. Трансформаторы типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц

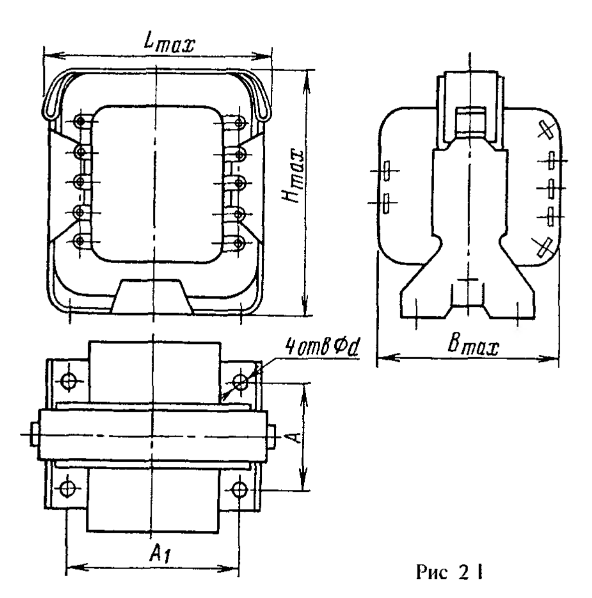


Рис 2 1

Промышленностью изготавливаются трансформаторы типа ТПП для питания полупроводниковых устройств с напряжением сети питания 127 и 220 В и частотой 50 Гц.

Конструкция и размеры

По конструктивному исполнению трансформаторы типа ТПП подразделяются на две группы

- I группа — трансформаторы броневой и стержневой конструкции с покрытием напылением и трансформаторы стержневой конструкции с заливкой в форму;
- II группа — трансформаторы с эмалевым покрытием (без дополнительных индексов в обозначении).

Общий вид и габаритные размеры трансформаторов питания малой мощности I группы броневой конструкции с обмотками из круглого провода и медной ленты показаны на рис. 2.1. Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Конструктивные размеры трансформаторов питания I группы броневой конструкции с обмотками из круглого провода и медной ленты

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	А, мм		A_1, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	h, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ШЛ12х16 ШЛ12х20 ШЛ12х25	58 62 68	25 30 35	± 0,2	35	± 0,2	59	58	М3	6,5	410 480 560
ШЛм20х16 ШЛм20х20 ШЛм20х25 ШЛм20х32	59 63 68 75	30 35 40 46		46		75	74	М4	7,5	740 850 950 1100
ШЛм25х25 ШЛм25х32 ШЛм25х40	74 81 89	46 50 60		58		92	88	М5	10	1550 2100 2700

Таблица 2.2. Конструктивные размеры трансформаторов питания I группы стержневой конструкции, залитой в форму, с обмотками из круглого провода

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	А, мм		A_1, мм		A_2, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	h, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ПЛм22х32х58	78	93	± 4	50	± 0,2	68	± 0,2	99	120	5,5	8	2800
ПЛм27х40х36 ПЛм27х40х46 ПЛм27х40х58	88	77 87 99		60		110		137	110 120 132	6,5	9	4100 4300 4500

Общий вид и габаритные размеры трансформаторов питания малой мощности I группы стержневой конструкции, залитой в форму, с обмоткой из круглого провода показаны на рис. 2.2. Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл. 2.2.

Общий вид и габаритные размеры трансформаторов питания типа ТПП малой мощности I группы стержневой конструкции, залитой в форму, с обмотками из медной ленты показаны на рис. 2.2. Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл. 2.3.

Общий вид и основные габаритные размеры трансформаторов питания типа ТПП I группы стержневой конструкции с обмотками из круглого медного провода и медной ленты (ТПП290, ТПП298—ТПП300, ТПП309, ТПП316—ТПП318) показаны на рис. 2.3. Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл. 2.4.

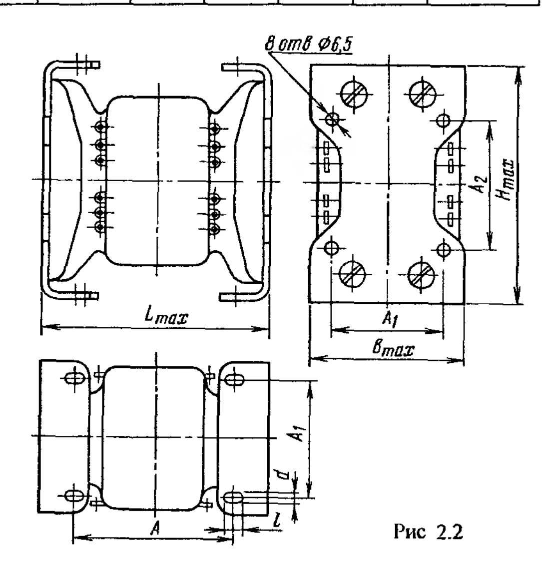


Рис 2.2

Таблица 2.3. Конструктивные размеры трансформаторов питания ТПП I группы стержневой конструкции, залитой в форму, с обмотками из медной ленты

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	А, мм		A_1 мм		A_2, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	h, мм	Масса не более г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ПЛм22х32х58	104	93	±4	50	±0 2	68	±0 2	99	120	5 5	8	2800
ПЛм27х40х36 ПЛм27х40х46 ПЛм27х40х58	110	77 87 99		60		110		137	110 120 132	6 5	9	4100 4300 4500

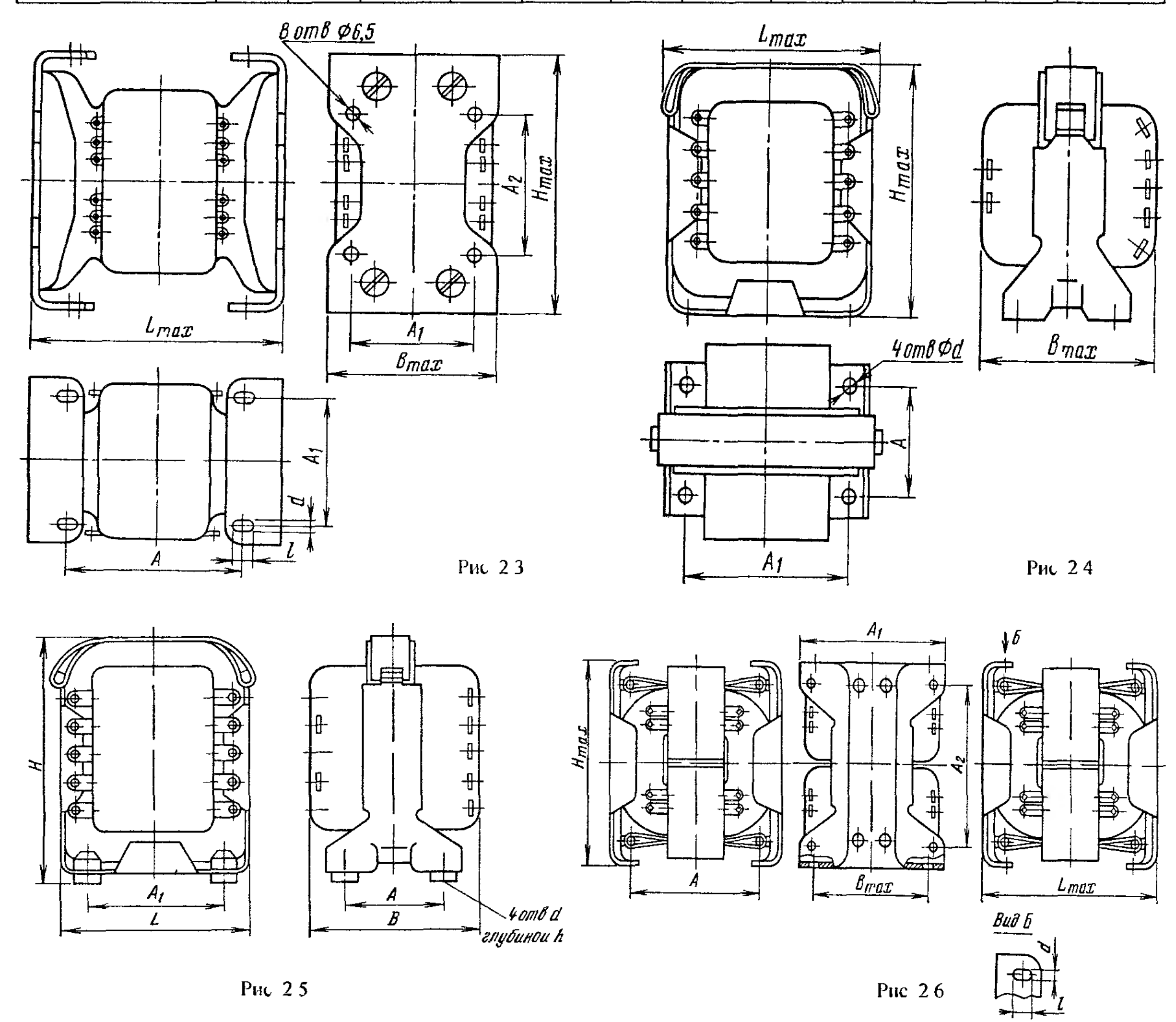


Рис 2 3

Рис 2 4

Рис 2 5

Рис 2 6

Общий вид и основные габаритные размеры трансформаторов питания типа ТПП II группы броневой конструкции с обмотками из круглого медного провода показаны на рис 2 4 и 2 5 Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл 2 5

Общий вид и основные габаритные размеры трансформаторов питания типа ТПП II группы броневой конструкции с обмоткой из медной ленты (ТПП263 ТПП273, ТПП283) показаны на рис 2 5 Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл 2 6

Таблица 2.4. Конструктивные размеры трансформаторов питания I группы стержневой конструкции с обмотками из круглого провода и медной ленты (ТПП290, ТПП298 — ТПП300, ТПП309, ТПП316 — ТПП318)

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	A, мм		A_1, мм		A_2, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	h, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ПЛм22х32х58	71	93	− 7	50	± 0,2	68	± 0,2	113	118	5,5	8	2550
ПЛм27х40х36 ПЛм27х40х46 ПЛм27х40х58	81	77 87 99	− 8	60		85		137	107 117 129	6,5	9	3500 3800 4200

Таблица 2.5. Конструктивные размеры трансформаторов питания типа ТПП II группы броневой конструкции с обмотками из круглого провода

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	A, мм		A_1, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	h, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ШЛ12х16 ШЛ12х20 ШЛ12х25	58 56 62	25 30 35	± 0,2	35	± 0,2	56	52	М3	5,5	365 420 490
ШЛм20х16 ШЛм20х20 ШЛм20х25 ШЛм20х32	53 57 62 69	30 35 40 46		46		72	68	М4	6,5	650 750 850 1000
ШЛм25х25 ШЛм25х32 ШЛм25х40	68 75 83	46 50 60		58		88	82	М5	–	1400 1700 2100

Таблица 2.6. Конструктивные размеры трансформаторов питания типа ТПП II группы броневой конструкции с обмотками из медной ленты (ТПП263, ТПП273, ТПП283)

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	A, мм		A_1, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение				
ШЛм25х25 ШЛм25х32 ШЛм25х40	71 78 86	46 50 60	± 0,2	58	± 0,2	88	82	5,5	1400 1700 2100

Общий вид и основные габаритные размеры трансформаторов питания типа ТПП II группы стержневой конструкции с обмотками из круглого медного провода и медной ленты (ТПП290, ТПП298—ТПП300, ТПП309, ТПП316—ТПП318) показаны на рис 2.6. Конструктивные размеры этих трансформаторов приведены в табл. 2.7

Таблица 2.7. Конструктивные размеры трансформаторов питания стержневой конструкции с обмотками из круглого провода и медной ленты (ТПП290, ТПП298 — ТПП300, ТПП309, ТПП316 — ТПП318)

Обозначение магнитопровода	B_{max}, мм	А, мм		A_1, мм		A_2, мм		H_{max}, мм	L_{max}, мм	d, мм	l, мм	Масса, не более, г
		номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение	номинал	допустимое отклонение					
ПЛм22х32х58	67	93	± 0,4	50	± 0,2	68	± 0,2	91	118	5,5	8	2150
ПЛм27х40х36 ПЛм27х40х46 ПЛм27х40х58	81	77 87 99		60		85		113	107 117 129	6,5	9	2900 3400 3850

Габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТПП, размеры всех элементов конструкции и основные параметры находятся в прямой зависимости от габаритной мощности, напряжения питания, типа магнитопровода и климатического исполнения

В зависимости от применяемого магнитопровода конструкции трансформаторов типа ТПП подразделяются на броневые и стержневые. Они способны противостоять механическим и климатическим воздействиям, определяемыми условиями эксплуатации. Конструкции сохраняют работоспособность при повышенной влажности и во всем диапазоне температурных воздействий и обеспечивают требуемый запас прочности изоляции обмоток с учетом категорий размещения трансформаторов.

Трансформаторам питания малой мощности типа ТПП присваивается условное обозначение, которое применяется в конструкторской документации и при заказе заводу–изготовителю. Пример записи в конструкторской документации трансформатора сетевого малой мощности для питания полупроводниковых схем, броневой конструкции с покрытием методом напыления — «Трансформатор ТПП–127/220–50Н» Аналогично в случае стержневой конструкции — «Трансформатор ТПП290–127/220–50Н». Пример записи трансформатора питания сетевого стержневой конструкции с заливкой в форму — «Трансформатор ТПП316–127/220–50Т». Пример записи трансформатора питания сетевого броневой конструкции с эмалевым покрытием — «Трансформатор ТПП–127/220–50». В конце обозначения трансформатора приводится обозначение стандарта или технических условий, по которым производится поставка трансформатора потребителю.

Основные параметры

Электрические параметры трансформаторов питания сетевых малой мощности типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в номинальном режиме эксплуатации приведены в табл 2.8.

Таблица 2.8. Электрические параметры трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в номинальном режиме эксплуатации

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, В · А	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В (Ток вторичной обмотки, А)					
			Номера выводов обмотки					
			11–12 23–24	13–14 25–26	15–16 27–28	17–18 29–30	19–20 31–32	21–22 33–34
ТПП2–1–127/220–50	200	2,03/1,15	4,2 (7,5)	7 (5,3)	5,2 (4,5)	4,5 (2)	7 (0,5)	9 (0,05)
ТПП2–2–127/220–50	167		10 (2,9)	7 (5)	10 (1,4)	7 (0,7)	9 (0,05)	–
ТПП2–3–127/220–50	181		15,8 (3,8)	5,5 (2,5)	11 (1,4)	7 (0,05)	–	–
ТПП2–4–127/220–50	207		55 (0,14)	3,3 (0,7)	14 (5,6)	5 (5,3)	–	–
ТПП2–5–127/220–50	204		14 (5)	19,5 (2,4)	–	–	–	–

Основные технические характеристики трансформаторов питания типа ТПП броневой конструкции в режиме номинальной нагрузки приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9. Электрические параметры броневых трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в режиме номинальной нагрузки

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, В А	Ток первичной обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В						Типоразмер магнитопровода
		первичной	вторичной	Номера выводов обмотки						
				11–12 (II)	13–14 (II[1])	15–16 (III)	17–18 (III[1])	19–20 (IVк)	21–22 (Vк)	
ТПП48–127/220–50	14	0,15/0,087	0,27	12,6	12,6	12,6	12,6	1,4	1,4	ШЛ16 16
ТПП67–127/220–50	26	0,26/0,15	0,12	45	45	45	45	30	30	ШЛ16 25
ТПП88–127/220–50	14	0,15/0,087	0,434	6,3	6,3	9	9	0,7	1,0	ШЛ16 16
ТПП201–127/220–50			0,29	1,25	1,25	1,25	1,25	0,35	0,35	
ТПП202–127/220–50			0,188	1,24	1,24	2,48	2,48	0,65	0,65	
ТПП203–127/220–50			0,146	2,53	2,53	2,51	2,51	0,65	0,65	
ТПП204–127/220–50			0,094	2,5	2,5	5	5	1,3	1,3	
ТПП205–127/220–50	1,65	0,03/0,017	0,063	2,5	2,5	10	10	0,65	0,65	ШЛ12 16
ТПП206–127/220–50			0,073	5	5	5	5	1,32	1,32	
ТПП207–127/220–50			0,0314	5	5	20	20	1,3	1,3	
ТПП208–127/220–50			0,0365	10	10	10	10	2,6	2,6	
ТПП209–127/220–50			0,0236	10	10	20	20	5	5	
ТПП210–127/220–50			0,57	1,26	1,26	1,25	1,25	0,35	0,35	
ТПП211–127/220–50			0,396	1,25	1,25	2,49	2,48	0,35	0,35	
ТПП212–127/220–50	3,25	0,045/0,026	0,37	1,26	1,26	2,48	2,48	0,65	0,65	ШЛ12 20
ТПП213–127/220–50			0,288	2,52	2,5	2,5	2,5	0,65	0,65	
ТПП214–127/220–50			0,147	4	4	6,3	6,3	0,74	0,74	
ТПП215–127/220–50			0,1	5	5	10	10	1,3	1,3	
ТПП241–127/220–50			1,28	2,5	2,5	2,5	2,5	0,62	0,62	
ТПП242–127/220–50			0,825	2,47	2,46	5	4,96	1,29	1,28	
ТПП243–127/220–50			0,552	2,49	2,46	10	10	0,672	0,68	
ТПП244–127/220–50	14,5	0,173/0,1	0,655	3,95	3,95	6,27	6,27	0,74	0,73	ШЛМ20 20
ТПП245–127/220–50			0,415	5,05	5,05	10	10	2,61	2,61	
ТПП246–127/220–50			0,242	4,97	5,05	20	20	5,04	5,04	
ТПП247–127/220–50			0,223	10	9,98	20	20	2,59	2,58	
ТПП248–127/220–50			0,165	20	20	20	20	4	4	
ТПП249–127/220–50			2,56	1,25	1,25	2,51	2,51	0,35	0,35	
ТПП250–127/220–50			1,35	2,51	2,51	5	5	0,63	0,63	
ТПП251–127/220–50	22	0,25/0,145	0,73	2,5	2,5	9,95	10	2,58	2,58	ШЛМ20 25
ТПП252–127/220–50			0,97	5,05	5,05	5,03	5,03	1,32	1,32	
ТПП253–127/220–50			0,61	5,05	5,05	10	10	2,59	2,58	
ТПП254–127/220–50			1,76	2,5	2,5	5	5	1,34	1,34	
ТПП255–127/220–50			1,18	2,51	2,51	10,1	10,1	0,72	0,715	
ТПП256–127/220–50			1,4	4	4	6,3	6,3	0,72	0,72	
ТПП257–127/220–50			1,37	5	5	5	5	1,35	1,34	
ТПП258–127/220–50	31	0,34/0,197	0,88	5	5	10	10	2,61	2,6	ШЛМ20 32
ТПП259–127/220–50			0,59	5	5	20	20	1,34	1,34	
ТПП260–127/220–50			0,69	10	10	10	10	2,5	2,5	
ТПП261–127/220–50			0,475	10	10	20	20	2,6	2,6	
ТПП262–127/220–50			0,352	20	20	20,1	20,1	4,1	4,1	
ТПП263–127/220–50			10	1,28	1,27	1,26	1,26	0,36	0,36	
ТПП264–127/220–50			5,05	2,48	2,47	2,46	2,45	0,7	0,7	
ТПП265–127/220–50	57	0,615/0,36	3,5	2,47	2,45	5	4,97	0,69	0,69	ШЛМ25 25
ТПП266–127/220–50			1,89	2,48	2,48	10	9,96	2,57	2,57	
ТПП267–127/220–50			2,52	5	4,98	4,97	4,95	1,31	1,31	

Окончание таблицы 2.9

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, В А	Ток первичной обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В						Типоразмер магнитопровода
				Номера выводов обмотки						
		первичной	вторичной	11–12 (II)	13–14 (II[1])	15–16 (III)	17–18 (III[1])	19–20 (IVк)	21–22 (Vк)	
ТПП268–127/220–50	57	0,615/0,36	1,62	4,98	4,94	10	9,86	2,57	2,55	ШЛМ25 25
ТПП269–127/220–50			1,08	4,98	4,98	20	20	1,34	1,34	
ТПП270–127/220–50			1,25	10	10	10,1	10	2,59	2,59	
ТПП271–127/220–50			0,815	9,95	10	20	20	4,97	4,97	
ТПП272–127/220–50	72	0,72/0,42	4,1	2,49	2,49	5	5	1,36	1,36	ШЛМ25 32
ТПП273–127/220–50			12,5	1,25	1,25	1,25	1,25	0,42	0,42	
ТПП274–127/220–50			8,8	1,25	1,25	2,5	2,5	0,46	0,45	
ТПП275–127/220–50			6,35	2,51	2,51	2,51	2,51	0,68	0,68	
ТПП276–127/220–50			2,73	2,5	2,5	10	10	0,71	0,71	
ТПП277–127/220–50			3,2	5	5	5	5	1,36	1,35	
ТПП278–127/220–50			2,2	5	5	10	10	1,35	1,35	
ТПП279–127/220–50			1,2	5	5	20	20	5	5	
ТПП280–127/220–50			1,6	10	10	9,93	9,93	2,64	2,6	
ТПП281–127/220–50			1,1	10	10	20	20	2,62	2,62	
ТПП282–127/220–50			0,815	20	20	20	20	4	4	
ТПП283–127/220–50	90	0,94/0,55	10,2	1,25	1,25	2,48	2,48	0,62	0,62	ШЛМ25 40
ТПП284–127/220–50			5,5	2,47	2,46	5	4,98	0,61	0,61	
ТПП285–127/220–50			2,98	2,5	2,5	9,95	9,95	2,61	2,61	
ТПП286–127/220–50			4,1	3,92	3,91	6,36	6,34	0,75	0,75	
ТПП287–127/220–50			2,55	5	5	10	10	2,63	2,63	
ТПП288–127/220–50			1,7	5	5	20	20	1,33	1,32	
ТПП289–127/220–50			1,29	10	10	20	20,1	5	5	

Электрические параметры трансформаторов питания типа ТПП броневой конструкции с частотой питающей сети 50 Гц в режиме холостого хода приведены в табл. 2.10. Основные технические характеристики трансформаторов питания типа ТПП стержневой конструкции с частотой питающей сети 50 Гц в режиме номинальной нагрузки приведены в табл. 2.11.

Основные технические характеристики рассматриваемых трансформаторов типа ТПП в режиме холостого хода приведены в табл 2.12.

В качестве пояснения следует заметить, что в указанных выше таблицах в графе «Ток первичной обмотки» даны значения тока первичной обмотки в виде дроби: в числителе — при подключении трансформаторов к сети переменного тока напряжением 127 В, а в знаменателе — при подключении к сети переменного тока напряжением 220 В

Таблица 2.10. Электрические параметры броневых трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в режиме холостого хода

Типономинал трансформатора	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В					
		Номера выводов обмотки					
		11–12 (II)	13–14 (II[1])	15–16 (III)	17–18 (III[1])	19–20 (IVк)	21–22 (Vк)
ТПП48–127/220–50	0,110/0,064	13,8	13,8	13,8	13,8	1,5	1,5
ТПП67–127/220–50	0,245/0,142	47	47	47	47	31,5	31,5
ТПП88–127/220–50	0,120/0,069	6,5	6,5	9,6	9,6	0,81	0,1

Продолженне таблнцы 2.10

Типономинал трансформатора	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В					
		Номера выводов обмотки					
		11–12 (II)	13–14 (II^1)	15–16 (III)	17–18 (III^1)	19–20 $(IV_к)$	21–22 $(V_к)$
ТПП201–127/220–50		1,35	1,36	1,41	1,41	0,39	0,39
ТПП202–127/220–50		1,36	1,35	2,76	2,76	0,73	0,73
ТПП203–127/220–50		2,78	2,78	2,75	2,75	0,73	0,73
ТПП204–127/220–50		2,76	2,76	5,53	5,53	1,43	1,46
ТПП205–127/220–50	0,021/0,0125	2,76	2,76	11,05	11,1	0,73	0,73
ТПП206–127/220–50		5,52	5,52	5,52	5,52	1,48	1,46
ТПП207–127/220–50		5,58	5,58	22,1	22,2	1,46	1,46
ТПП208–127/220–50		11,1	11,1	11,2	11,25	2,92	2,92
ТПП209–127/220–50		11,15	11,15	22,4	22,5	5,57	5,62
ТПП210–127/220–50		1,4	1,4	1,4	1,4	0,4	0,4
ТПП211–127/220–50		1,4	1,4	2,81	2,81	0,4	0,4
ТПП212–127/220–50		1,4	1,4	2,81	2,81	0,73	0,73
ТПП213–127/220–50		2,81	2,81	2,81	2,81	0,73	0,73
ТПП214–127/220–50	0,31/0,018	4,46	4,46	7,05	7,05	0,83	0,83
ТПП215–127/220–50		5,68	5,68	11,2	11,3	1,47	1,47
ТПП216–127/220–50		11,2	11,2	11,3	11,4	2,95	2,95
ТПП217–127/220–50		11,1	11,2	22,5	22,6	2,94	2,94
ТПП218–127/220–50		11,1	11,1	22,6	22,7	5,63	5,63
ТПП219–127/220–50		1,41	1,41	1,41	1,41	0,39	0,39
ТПП220–127/220–50		2,82	2,82	2,82	2,82	0,74	0,74
ТПП221–127/220–50		2,82	2,82	5,62	6,62	1,49	1,49
ТПП222–127/220–50		2,82	2,82	11,25	11,35	0,74	0,74
ТПП223–127/220–50	0,45/0,026	5,62	5,62	5,62	5,62	1,41	1,41
ТПП224–127/220–50		5,55	5,55	11,1	11,1	2,9	2,9
ТПП225–127/220–50		11,35	11,35	22,4	22,5	2,9	2,9
ТПП226–127/220–50		22,5	22,4	22,8	22,85	4,48	4,48
ТПП227–127/220–50		1,42	1,42	1,42	1,42	0,4	0,4
ТПП228–127/220–50		1.42	1,42	2,84	2,82	0,76	0,76
ТПП229–127/220–50		2,84	2,84	2,84	2,84	0,76	0,76
ТПП230–127/220–50		2,84	2,84	5,5	5,57	0,76	0,76
ТПП231–127/220–50		2,84	2,84	11,25	11,25	2,94	2,94
ТПП232–127/220–50		5,58	5,78	11,4	11,5	3,05	3,05
ТПП233–127/220–50	0,085/0,049	5,68	5,68	22,5	22,7	1,45	1,45
ТПП234–127/220–50		11,25	11,25	11,4	11,4	2,94	2,94
ТПП235–127/220–50		11,4	11,5	22,5	22,8	2,94	2,94
ТПП236–127/220–50		11,4	11,4	22,6	23,7	5,64	5,67
ТПП237–127/220–50		22,5	22,7	22,8	22,9	4,56	4,56
ТПП238–127/220–50		5,63	5,63	11,3	11,4	1,47	1.47
ТПП239–127/220–50		1,41	1,41	1,41	1,41	0,38	0,38
ТПП240–127/220–50		1,41	1,41	2,87	2,82	0,38	0,38
ТПП241–127/220–50		2,82	2,82	2,82	2,82	0,7	0,7
ТПП242–127/220–50		2,82	2,82	5,64	5,64	1,47	1,47
ТПП243–127/220–50	0,125/0,073	2,82	2,82	11,4	11,5	0,75	0,75
ТПП244–127/220–50		4,47	4,47	7,03	7,03	0,83	0,83
ТПП245–127/220–50		5,63	5,63	11,4	11,4	2,94	2,94
ТПП246–127/220–50		5,64	5,64	22,7	22,9	5,74	5,74
ТПП247–127/220–50		11 4	11,4	22,5	22,6	2,94	2,94
ТПП248–127/220–50		22,5	22,6	22,6	22,7	4,52	4,52

Окончание таблицы 2.10

Типономинал трансформатора	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В. Номера выводов обмотки					
		11–12 (II)	13–14 (II^1)	15–16 (III)	17–18 (III^1)	19–20 (IV$_К$)	21–22 (V$_К$)
ТПП249–127/220–50		1,43	1,43	2,85	2,85	0,39	0,39
ТПП250–127/220–50	0,13/0,077	2,85	2,85	5,7	5,7	0,71	0,71
ТПП251–127/220–50		2,85	2,85	11,3	11,4	2,93	2,93
ТПП252–127/220–50		5,7	5,7	5,7	5,7	0,71	0,71
ТПП253–127/220–50		5,7	5,7	11,25	11,25	2,93	2,93
ТПП254–127/220–50		2,82	2,82	5,65	5,65	1,51	1,51
ТПП255–127/220–50		2,82	2,82	11,3	11,3	0,8	0,8
ТПП256–127/220–50		4,44	4,44	7,05	7,05	0,8	0,8
ТПП257–127/220–50	0,164/0,095	5,65	5,65	5,65	5,65	1,51	1,51
ТПП258–127/220–50		5,65	5,65	11,3	11,3	2,93	2,93
ТПП259–127/220–50		5,65	5,65	22,4	22,6	1,51	1,51
ТПП260–127/220–50		11,34	11,34	11,34	11,34	2,83	2,83
ТПП261–127/220–50		11,3	11,3	22,6	22,6	2,93	2,93
ТПП262–127/220–50		22,6	22,6	22,8	22,8	4,44	4,44
ТПП263–127/220–50		1,43	1,43	1,43	1,43	0,4	0,4
ТПП264–127/220–50		2,85	2,85	2,85	2,85	0,81	0,81
ТПП265–127/220–50		2,85	2,85	5,7	5,7	0,81	0,81
ТПП266–127/220–50		2,85	2,85	11,4	11,4	2,96	2,96
ТПП267–127/220–50	0,21/0,125	5,7	5,7	5,7	5,7	1,53	1,53
ТПП268–127/220–50		5,7	5,7	11,4	11,4	2,96	2,96
ТПП269–127/220–50		5,7	5,7	22,8	22,8	1,53	1,53
ТПП270–127/220–50		11,4	11,4	11,4	11,4	2,96	2,96
ТПП271–127/220–50		11,4	11,6	22,8	22,8	5,7	5,7
ТПП272–127/220–50		2,8	2,8	5,6	5,6	1,52	1,52
ТПП273–127/220–50		1,33	1,33	1,33	1,33	0,44	0,44
ТПП274–127/220–50		1,41	1,41	2,82	2,82	0,51	0,51
ТПП275–127/220–50		2,8	2,8	2,8	2,8	0,76	0,76
ТПП276–127/220–50		2,8	2,8	11,2	11,2	0,76	0,76
ТПП277–127/220–50	0,26/0,15	5,6	5,6	5,6	5,6	1,52	1,52
ТПП278–127/220–50		5,6	5,6	11,2	11,2	1,52	1,52
ТПП279–127/220–50		5,6	5,6	22,3	22,3	5,6	5,6
ТПП280–127/220–50		11,2	11,2	11,2	11,2	2,92	2,92
ТПП281–127/220–50		11,2	11,2	22,1	22,1	2,92	2,92
ТПП282–127/220–50		22,1	22,1	22,3	22,3	4,45	4,45
ТПП283–127/220–50		1,3	1,3	2,75	2,75	0,64	0,64
ТПП284–127/220–50		2,75	2,75	5,5	5,5	0,64	0,64
ТПП285–127/220–50		2,75	2,75	11	11	2,91	2,91
ТПП286–127/220–50	0,33/0,19	4,26	4,26	6,9	6,9	0,82	0,82
ТПП287–127/220–50		5,5	5,5	11	11	2,91	2,91
ТПП288–127/220–50		5,5	5,5	22	22	1,46	1,46
ТПП289–127/220–50		11,15	11,15	22,3	22,3	5,6	5,6

Таблица 2.11. Электрические параметры стержневых трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в режиме номинальной нагрузки

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, В А	Ток первичной обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В. Номера выводов обмотки			Типоразмер магнитопровода
		первичной	вторичной	11–12 17–18	13–14 19–20	15–16 21–22	
ТПП290–127/220–50			12,5	1,25	2,5	0,62	
ТПП291–127/220–50			6,25	2,49	5	1,42	
ТПП292–127/220–50			4,08	2,49	10,1	0,62	
ТПП293–127/220–50			4,95	4,06	6,32	0,62	
ТПП294–127/220–50	110	1,08/0,62	4,85	5	4,98	1,46	ПЛМ22x32x58
ТПП295–127/220–50			1,84	5	20,2	5	
ТПП296–127/220–50			2,44	10	10,65	2,65	
ТПП297–127/220–50			1,53	9,93	20	5,05	

Окончание таблицы 2.11

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, В А	Ток первичной обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
				Номера выводов обмотки			
		первичной	вторичной	11–12 17–18	13–14 19–20	15–16 21–22	
ТПП298–127/220–50	135	1,4/0,79	24	1,25	1,25	0,31	ПЛМ27х40х36
ТПП299–127/220–50			16,7	1,25	2,49	0,31	
ТПП300–127/220–50			12	2,5	2,49	0,63	
ТПП301–127/220–50			8,3	2,48	4,98	0,62	
ТПП302–127/220–50			4,5	2,46	9,9	2,45	
ТПП303–127/220–50			6	4,95	4,93	1,56	
ТПП304–127/220–50			3,85	4,92	10	2,45	
ТПП305–127/220–50			1,53	19,8	19,8	4	
ТПП306–127/220–50			2,56	4,95	20,2	1,55	
ТПП307–127/220–50			3	10	10	2,49	
ТПП308–127/220–50			2,07	10	20	2,48	
ТПП309–127/220–50	160	1,53/0,88	18,2	1,28	2,56	0,64	ПЛМ27х40х46
ТПП310–127/220–50			9,15	2,53	5,05	1,28	
ТПП311–127/220–50			5,35	2,5	10	2,5	
ТПП312–127/220–50			2,29	10,1	20,2	5,05	
ТПП313–127/220–50			7,25	4,11	6,31	0,625	
ТПП314–127/220–50			4,92	5	10	1,28	
ТПП315–127/220–50			2,67	5,05	20,2	5,05	
ТПП316–127/220–50	200	2,03/1 18	25,6	1,25	2,5	0,31	ПЛМ27х40х58
ТПП317–127/220–50			18,6	2 5	2,49	0,622	
ТПП318–127/220–50			12,9	2,48	5	0,62	
ТПП319–127/220–50			8	2,5	10	0,625	
ТПП320–127/220–50			9,3	5	5	1,25	
ТПП321–127/220–50			4	5	20	1,26	
ТПП322–127/220–50			3,2	10	20	2,48	
ТПП323–127/220–50			2,4	20	20	4,07	

Таблица 2.12. Электрические параметры стержневых трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в режиме холостого хода

Типономинал трансформатора	Ток, А	Напряжение, В		
		Номера выводов		
		11–12 17–18	13–14 19–20	15–16 21–22
ТПП290–127/220–50	0,42/0,25	1,37	2,75	0,68
ТПП291–127/220–50		2,81	5,62	1,63
ТПП292–127/220–50		2,81	11,5	0,7
ТПП293–127/220–50		4,62	7,16	0,69
ТПП294–127/220–50		5,63	5,63	1,63
ТПП295–127/220–50		5,63	22,7	5,63
ТПП296–127/220–50		11,31	11,31	3
ТПП297–127/220–50		11,31	22,62	5,76
ТПП298–127/220–50	0,5/0,29	1,35	1,35	0,33
ТПП299–127/220–50		1,35	2,7	0,33
ТПП300–127/220–50		2,7	2,7	0,67
ТПП301–127/220–50		2,76	5,52	0,69
ТПП302–127/220–50		2,76	11	2,76
ТПП303–127/220–50		5,52	5,52	1,72
ТПП304–127/220–50		5,52	11	2,76
ТПП305–127/220–50		22,1	22,1	4,48
ТПП306–127/220–50		5,52	22,4	1,72
ТПП307–127/220–50		11	11	2,76
ТПП308–127/220–50		11	22,1	2,76

Окончание таблицы 2.12

Типономинал трансформатора	Ток, А	Напряжение, В		
		Номера выводов		
		11–12 17–18	13–14 19–20	15–16 21–22
ТПП309–127/220–50 ТПП310–127/220–50 ТПП311–127/220–50 ТПП312–127/220–50 ТПП313–127/220–50 ТПП314–127/220–50 ТПП315–127/220–50	0,54/0,31	1,35 2,76 2,76 11,05 4,47 5,52 5,52	2,7 5,52 11,05 22,1 6,88 11,05 22,1	0,67 1,38 2,76 5,52 0,69 1,38 5,52
ТПП316–127/220–50 ТПП317–127/220–50 ТПП318–127/220–50 ТПП319–127/220–50 ТПП320–127/220–50 ТПП321–127/220–50 ТПП322–127/220–50 ТПП323–127/220–50	0,43/0,25	1,34 2,68 2,68 2,71 5,42 5,42 10,85 21,7	2,68 2,68 5,36 10,85 5,42 21,7 21,7 21,7	0,33 0,67 0,67 0,67 1,36 1,36 2,71 4,4

Значения напряжения на отводах первичной обмотки трансформаторов питания типа ТПП приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13. Напряжения на отводах первичной обмотки трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц

Тип трансформатора	Номера отводов первичной обмотки	Напряжение на отводах, В
ТПП67, ТПП48,ТПП88	1 и 2, 6 и 7 1 и 3, 6 и 8 1 и 4, 6 и 9 1 и 5, 6 и 10	100 120 127 134
ТПП201 — ТПП323	1 и 3, 6 и 8 2 и 3, 7 и 10 2 и 4, 7 и 9 2 и 5, 7 и 10	100 107 120 131
ТПП2–1, ТПП2–2, ТПП2–3, ТПП2–4, ТПП2–5	1 и 2, 6 и 7 2 и 3, 7 и 8 3 и 4. 8 и 9, 4 и 5, 7 и 10	7 100 10 10

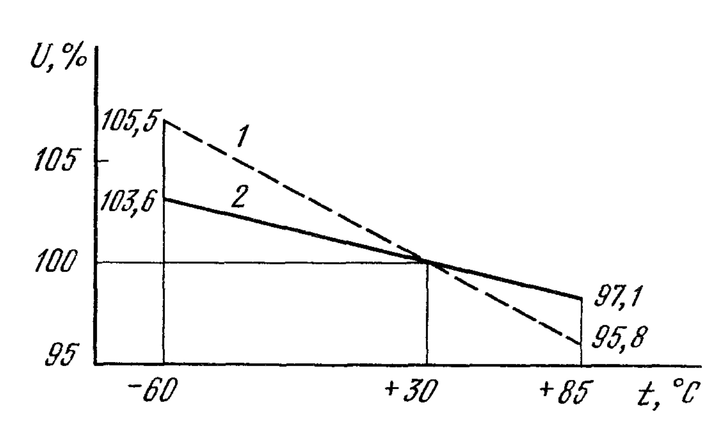


Рис 2 7 График изменения напряжения вторичных обмоток трансформаторов в режиме номинальной нагрузки в зависимости от температуры окружающей среды *1 — наибольший уход напряжения от значения, измеренного при нормальной температуре 2 — средний уход напряжения от значения измеренного при нормальной температуре*

Максимальные отклонения напряжения вторичных обмоток трансформаторов питания типа ТПП, измеренные при нормальных значениях внешних воздействующих факторов, составляют ± 5% для основных и ± 10% для вспомогательных обмоток Наибольшие отклонения напряжений вторичных обмоток трансформаторов, измеренные в условиях повышенной и пониженной температуры, составляют ± 5 ..9% для основных и ± 13...23% для вспомогательных обмоток. Характер зависимости изменения напряжения вторичных обмоток трансформаторов в номинальном режиме от температуры окружающей среды показан на рис 2 7 Сопротивление изоляции трансформаторов питания типа ТПП при температуре + 85 °С — не менее 20 МОм При воздействии в течение суток повышенной влажности воздуха до 98%

при температуре + 40 °С сопротивление изоляции трансформаторов питания типа ТПП всеклиматического исполнения В составляет 50 МОм и выше, а для трансформаторов исполнения УХЛ — 20 МОм и выше

Электрические схемы

Трансформаторы питания сетевые малой мощности типа ТПП относятся к группе многообмоточных трансформаторов с большим количеством отводов от первичной обмотки, которые используются в качестве компенсационных обмоток При эксплуатации первичные и вторичные обмотки могут быть соединены последовательно или параллельно Схемы соединений обмоток показаны на рис 2 8 Варианты подключения трансформаторов питания типа ТПП к сети переменного тока напряжением 127 или 220 В и частотой питающей сети 50 Гц приведены в табл 2 14 и 2 15

Электрические схемы трансформаторов питания типа ТПП2 с частотой питающей сети 50 Гц показаны на рис 2 9 Принципиальные электрические схемы трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц показаны на рис 2 10 Принципиальные электрические схемы трансформаторов типов ТПП48 ТПП67 и ТПП88 с частотой питающей сети 50 Гц показаны на рис 2 11

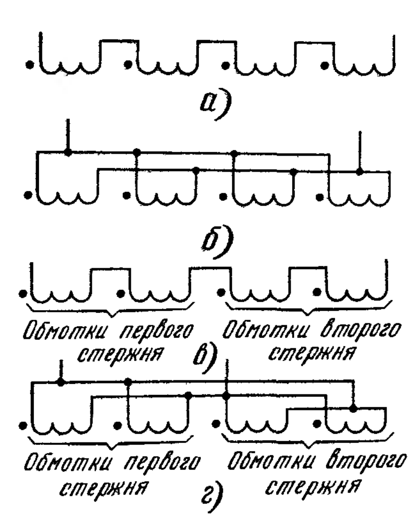


Рис 2 8 Электрические схемы последовательного и параллельного соединений вторичных обмоток трансформаторов типа ТПП *а б — броневой конструкции в г — стержневой конструкции*

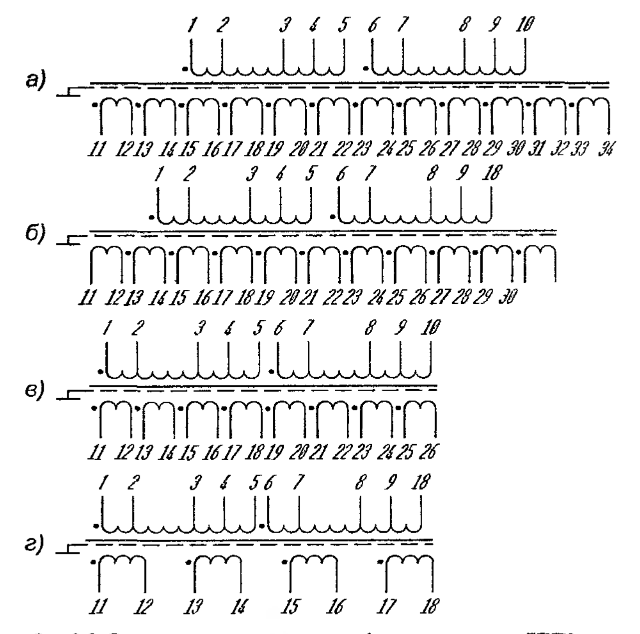


Рис 2 9 Электрические схемы трансформаторов типа ТПП2 с частотой питающей сети 50 Гц *а — ТПП2 б — ТПП2 2 в — ТПП2 3 г — ТПП2 5*

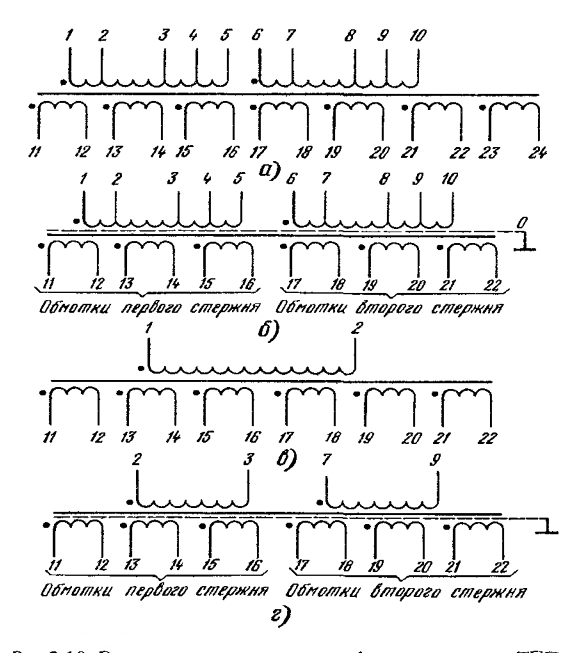


Рис 2 10 Электрические схемы трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц *а — броневой конструкции с напряжением 127/220 В б — стержневой конструкции с напряжением 127 220 В в — броневой конструкции с напряжением 220 В г — стержневой конструкции с напряжением 220 В*

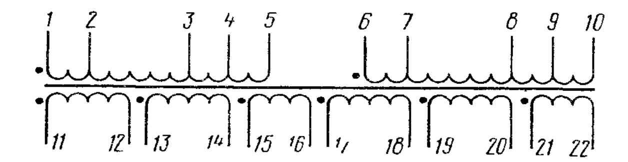


Рис 2 11 Электрическая схема трансформаторов типа ТПП48 ТПП67 ТПП88 с частотой питающей сети 50 Гц

Таблица 2.14. Напряжения трансформаторов питания типа ТПП (за исключением трансформаторов, указанных в табл. 2.15) к сети переменного тока частотой 50 Гц

Номинальное напряжение сети, В	Номинальное напряжение первичной обмотки	Конструкция трансформатора			
		Броневая		Стержневая	
		Соединения выводов	Выводы, на которые подается напряжение	Соединения выводов	Выводы, на которые подается напряжение
127 или 220	220	3 и 7 1 и 6	2 и 9 1 и 4	3 и 9 1 и 9	2 и 7 1 и 4
	127	(4 и 9)	(6 и 9)	(4 и 6)	(6 и 9)
220	220	–	2 и 9	3 и 9	2 и 7

Таблица 2.15. Подключение трансформаторов питания типа ТПП2, ТПП48, ТПП67, ТПП88 к сети переменного тока частотой 50 Гц

Тип трансформатора	Номинальное напряжение сети, В	Соединения выводов	Выводы, на которые подается напряжение
ТПП2–1, ТПП2–2, ТПП2–3, ТПП2–4 ТПП2–5	220	4 и 9	2 и 7
	127	11 и 10, 5 и 6	1 и 5, 6 и 10
ТПП48, ТПП67, ТПП88	220	2 и 6	1 и 8
	127	1 и 6, 4 и 6	1 и 4, 6 и 9

Условия эксплуатации трансформаторов питания типа ТПП

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °С
пониженная рабочая	– 60 °С
повышенная предельная рабочая	+ 85 °С
пониженная предельная рабочая	– 60 °С
Циклическое воздействие температур:	
для трансформаторов исполнения В	– 60 ..+ 140 °С
для трансформаторов исполнения УХЛ	– 60.. + 85 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 40 °С, не более	98%
Атмосферное давление воздуха:	
пониженное, не менее	53,3 кПа (400 мм рт. ст.)
повышенное	106,7 кПа (800 мм рт ст)
Температура перегрева обмоток трансформатора при нормальных условиях эксплуатации	+ 55 °С
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5 .1 000 Гц с ускорением, не более	73 м/с^2 (7,5g)
Многократные удары с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Одиночные удары с ускорением, не более	245 м/с^2 (25g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	147,2 м/с^2 (15g)
Воздействие морского тумана, плесневых грибов, росы (для трансформаторов I группы)	постоянно
Транспортировка при температуре, не менее	– 60 °С

2.3. Трансформаторы типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц

Отечественной промышленностью изготавливается более 600 типоразмеров трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц. Эти трансформаторы рассчитаны на подключение к сети переменного тока напряжением 40, 115 и 220 В.

Трансформаторы предназначены для работы в условиях умеренно холодного климата при температуре окружающей среды – 60...+ 85 °С, относительной влажности воздуха не более 98% при температуре + 40 °С. Трансформаторы применяются для питания электронных схем различных функциональных узлов и блоков РЭА и АСС, изготавливаемых на ППП и микросхемах.

Конструкция и размеры

Трансформаторы типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц изготавливаются с применением броневых магнитопроводов с бескаркасной намоткой катушек, (обмотки трансформатора наматываются на гильзу). Трансформаторы изготавливаются с эмалевым покрытием и относятся ко II группе по влагостойкости. Эта группа трансформаторов отличается от других типов трансформаторов питания низкими значениями напряжения вторичных обмоток.

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц и с обмотками из круглого медного провода и медной ленты показаны на рис. 2.4, 2.12 и 2.13. Конструктивные размеры трансформаторов типа ТПП с обмотками из круглого медного провода приведены в табл. 2.16 Конструктивные размеры трансформаторов типа ТПП с обмотками из медной ленты приведены в табл. 2.17.

Габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТПП, конструктивные размеры всех элементов, деталей и сборочных единиц этих трансформаторов, а также основные технические характеристики зависят от габаритной мощности, напряжения питающей сети и климатического исполнения.

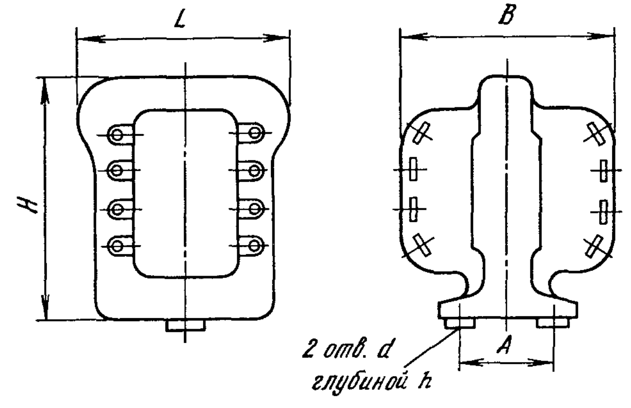


Рис 2.12 Общий вид и габаритные размеры трансформаторов типа ТПП I группы с частотой питающей сети 400 Гц

Современная технология изготовления трансформаторов типа ТПП броневой конструкции обеспечивает устойчивость и надежную работу при различных механических и климатических воздействиях, определяемых заданными условиями эксплуатации. Конструкция трансформаторов сохраняет работоспособность при повышенной влажности и во всех случаях температурных воздействий и обеспечивает необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток с учетом категории размещения трансформаторов.

Трансформаторы типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц имеют сокращенное и условное обозначения, которые присваиваются при их разработке. Условное обозначение трансформаторов применяется в конструкторской документации и при заказе заводу-изготовителю. Пример записи трансформатора питания для полупроводниковых схем при напряжении питающей сети 115 В с частотой 400 Гц, броневой конструкции в технической документации — «Трансформатор ТПП197-115-400». В конце условного обозначения трансформатора приводится обозначение стандарта или технических условий, по которым производится поставка трансформаторов заказчику.

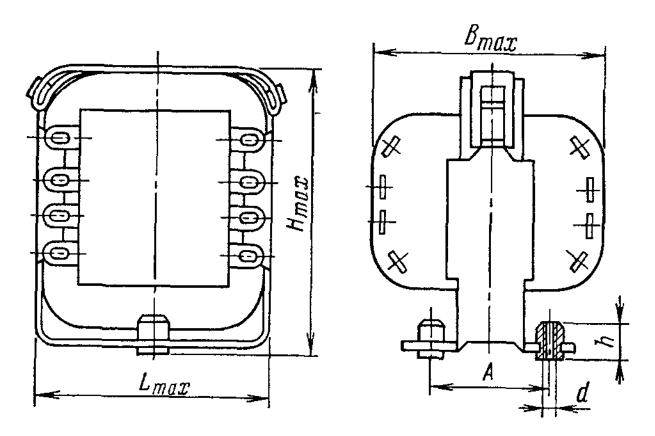


Рис 2.13 Общий вид и габаритные размеры трансформаторов типа ТПП II группы с частотой питающей сети 400 Гц

Обмотки трансформаторов расположены в строго определенном порядке и обозначаются буквами русского алфавита. Сочетания обозначений обмоток выводов и маркировки лепестков трансформаторов приведены в табл. 2.18 и 2.19.

Таблица 2.16. Конструктивные размеры трансформаторов типа ТПП с обмотками из круглого провода и с частотой питающей сети 400 Гц

Типоразмер магнитопровода	Ис-пол-нение	№ ри-сунка	Размер, мм							Масса, не более, г
			A	A_1	B	H	h	L	d	
ШЛ6х6,5 ШЛ6х8 ШЛ6х10 ШЛ6х12,5	В	2.12	12 14 16 1	–	40 42 44 46	33	4	35	М2,5	55 65 70 75
ШЛ6х6,5 ШЛ6х12,5	УХЛ	2.13	12 18	–	34 40	30	4	29	М2,5	35 55
ШЛ8х8 ШЛ8х10 ШЛ8х12,5 ШЛ8х16	В	2,12	18 20 22 25	22	42 44 46 50	41	4	42	М2,5	115 120 160 170
ШЛ8х8 ШЛ8х10 ШЛ8х12,5 ШЛ8х16	УХЛ	2,4	18 20 22 25	22	36 39 40 44	38	4	37	М2,5	80 100 120 140
ШЛ10х10 ШЛ10х12,5 ШЛ10х16 ШЛ10х20	В	2,14	20 22 25 30	28	48 50 54 58	50	6,5	51	М3	200 220 255 310
ШЛ10х10 ШЛ10х12,5 ШЛ10х16 ШЛ10х20	УХЛ	2,4	20 22 25 30	28	42 44 48 52	47	5,5	45	М3	160 180 220 270
ШЛ12х12,5 ШЛ12х16 ШЛ12х20 ШЛ12х25	В	2,12	22 25 30 35	35	55 58 62 68	55	6,5	58	М3	340 390 430 510
ШЛ12х12,5 ШЛ12х16 ШЛ12х20 ШЛ12х25	УХЛ	2,4	22 25 30 35	35	49 52 56 62	56	5,5	52	М3	270 320 380 450
ШЛ16х16 ШЛ16х20 ШЛ16х25 ШЛ1632	В	2,12	30 35 40 46	46	67 71 76 83	75	7,5	74	М4	750 840 1000 1260
ШЛ16х16 ШЛ16х20 ШЛ16х25 ШЛ16х32	УХЛ	2,4	30 35 40 46	46	61 65 70 77	72	6,5	68	М4	600 700 800 900
ШЛ20х20 ШЛ20х25 ШЛ20х32	В	2,12	40 46 50	58	79 84 91	92	10	88	М5	1300 1580 1900
ШЛ20х20 ШЛ20х25 ШЛ20х32	УХЛ	2,4	40 46 50	58	76 78 85	88	7.5	82	5,5	1200 1400 1700

Таблица 2.17. Конструктивные размеры трансформаторов типа ТПП с обмотками из медной ленты и провода прямоугольного сечения и с частотой питающей сети 400 Гц

Типоразмер магнитопровода	Ис-пол-нение	№ ри-сунка	Размер, мм							Масса, не более, г
			A	A_1	B	H	h	L	d	
ШЛ10x20	В	2.12	30	28	59	50	6,5	51	М3	310
ШЛ10x20	УХЛ	2.4	30	28	55	47	5,5	49	М3	270
ШЛ12x16	В	2.12	25	35	58	59	6,5	58	М3	365
ШЛ12x20			30		62					430
ШЛ12Х25			35		68					520
ШЛ12Х16	УХЛ	2.4	25	35	55	56	5,5	54	М3	320
ШЛ12x20			30		59					380
ШЛ12x25			35		65					450
ШЛ16x16	В	2.12	30	46	67	75	7,5	75	М4	750
ШЛ16x20			35		71					840
ШЛ16x25			40		76					100
ШЛ16x16	УХЛ	2.4	30	46	66	72	6,5	75	М4	660
ШЛ16x20			35		70					750
ШЛ16x25			40		76					850
ШЛ20x20	УХЛ	2.4	40	58	73	88	10	82	5,5	1150
ШЛ20x25			46	72	96	108	10	102		2000

Таблица 2.18. Сочетание обозначений обмоток выводов и маркировка лепестков трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц напряжением 40, 115 и 220 В

Обозначение трансформатора	Расположение выводов при маркировке лепестков											
	а	б	в	г	д	е	ж	и	к	л	м	н
ТПП6	10	12	13	14	5	9	15	16	6	-7	8	11
ТПП7	7	9	13	15	5	11	14	16	6	8	10	12
ТПП8	8	7	16	10	6	13	11	12	5	14	15	9
ТПП9	5	6	9	11	16	15	14	7	13	12	10	8
ТПП10	5	14	16	12	6	7	10	11	9	13	15	8
ТПП12	11	12	13	15	9	10	8	14	5	6	7	16
ТПП15	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП16	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП17	6	7	13	14	9	11	15	5	10	12	16	8
ТПП19	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП20	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП25	6	7	13	14	9	11	15	5	10	12	16	8
ТПП31	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП32	13	15	10	11	5	7	6	14	9	12	8	16
ТПП33	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП35	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП37	6	7	13	15	9	12	14	5	11	10	16	8
ТПП40	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП41	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП52	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП55	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП57	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП58	3	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП59	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП62	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП63	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП69	5	7	9	11	10	6	15	16	8	12	13	14
ТПП70	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП71	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП73	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП74	5	7	13	15	9	12	14	6	11	10	16	8
ТПП76	5	7	15	16	9	10	11	6	8	12	13	14
ТПП77	5	7	15	16	9	10	11	6	8	12	13	14
ТПП78	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП79	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП86	11	8	6	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП87	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП89	13	15	10	11	5	7	6	14	9	12	8	16

Продолжение таблицы 2.18

Обозначение трансформатора	Расположение выводов при маркировке лепестков											
	а	б	в	г	д	е	ж	и	к	л	м	н
ТПП90	13	14	10	11	9	5	8	15	12	7	6	16
ТПП91	5	6	10	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП92	11	8	13	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП93	5	6	6	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП95	13	15	13	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП106	11	8	14	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП107	11	8	6	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП109	6	7	6	15	9	12	14	5	11	10	16	8
ТПП110	5	7	13	11	10	6	15	16	8	12	13	14
ТПП111	13	14	9	10	11	5	8	15	12	7	6	16
ТПП113	5	7	9	15	9	12	14	6	11	10	16	8
ТПП121	11	8	13	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП122	13	7	6	15	9	10	11	12	16	5	6	14
ТПП123	5	6	8	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП124	13	15	13	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП125	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП126	5	13	14	15	9	10	11	12	6	14	8	16
ТПП127	5	6	7	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП131	13	15	13	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП133	14	5	14	16	9	10	11	12	15	8	6	13
ТПП134	5	6	7	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП136	13	15	13	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП147	9	10	14	12	13	5	7	15	14	6	8	16
ТПП148	11	8	11	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП150	9	10	6	12	13	5	7	15	14	6	8	16
ТПП151	9	13	11	11	12	6	8	10	5	7	15	16
ТПП197	8	12	14	14	5	9	15	16	6	7	10	11
ТПП198	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП206	8	12	13	14	9	10	11	15	5	6	7	16
ТПП207	6	12	13	14	9	10	11	15	5	6	7	16
ТПП208	1	12	13	14	9	10	8	15	5	6	7	16
ТПП210	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП211	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП212	6	7	13	14	9	11	15	5	10	12	16	8
ТПП213	8	12	13	14	9	10	11	15	5	6	7	16
ТПП214	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП215	13	15	10	11	5	7	6	14	9	12	8	16
ТПП216	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП217	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП218	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП219	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП220	5	7	13	14	9	12	15	16	11	10	6	8
ТПП221	6	7	13	15	9	12	14	5	11	10	16	8
ТПП222	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП223	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП224	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП225	6	7	13	14	9	12	15	5	11	10	16	8
ТПП226	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП227	13	15	10	11	9	5	8	14	12	7	6	16
ТПП228	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП229	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП230	5	7	15	16	9	10	11	6	8	12	13	14
ТПП231	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП232	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП233	13	14	10	11	9	5	8	15	12	7	6	16
ТПП234	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП235	11	8	6	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП236	5	7	9	10	12	11	8	6	13	14	15	16
ТПП237	13	15	14	16	6	8	10	12	5	7	9	11
ТПП238	15	16	10	11	9	5	8	13	12	7	6	14
ТПП239	13	15	14	16	11	10	8	6	9	12	5	7
ТПП246	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП247	11	8	6	9	13	14	15	16	10	5	7	12
ТПП248	5	7	9	11	10	6	15	16	8	12	13	14
ТПП249	5	7	9	11	6	15	16	8	12	13	14	8
ТПП250	5	7	13	15	10	12	14	6	11	9	16	8
ТПП251	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6

Окончание таблицы 2.18

Обозначение трансформатора	Расположение выводов при маркировке лепестков											
	а	б	в	г	д	е	ж	и	к	л	м	н
ТПП252	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП253	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП254	5	7	13	14	9	12	15	6	11	10	16	8
ТПП255	5	7	13	15	9	12	14	6	11	10	16	8
ТПП256	5	7	13	15	9	12	14	6	11	10	16	8
ТПП257	5	7	9	11	10	6	15	16	8	12	13	14
ТПП259	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП260	13	15	14	16	5	7	6	8	9	11	10	12
ТПП261	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП262	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП266	9	10	11	12	13	5	7	15	14	6	8	16
ТПП268	13	15	10	11	9	12	7	16	5	8	6	14
ТПП269	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП270	6	7	13	14	9	12	15	5	11	10	16	8
ТПП271	6	7	10	11	9	5	15	16	8	12	13	14
ТПП272	13	14	11	10	9	5	8	16	12	7	6	15
ТПП273	6	7	13	14	9	12	15	5	11	10	16	8
ТПП274	9	13	14	11	12	6	8	10	5	7	15	16
ТПП275	6	8	13	14	9	11	10	7	12	16	15	5
ТПП276	6	7	11	10	8	5	13	14	9	12	15	16
ТПП277	6	8	13	14	9	11	10	12	5	7	15	16
ТПП278	13	15	10	11	5	7	6	14	9	12	8	16
ТПП279	5	6	13	15	9	11	10	12	14	16	7	8
ТПП280	13	15	10	11	12	7	6	14	9	5	8	16
ТПП281	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП282	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП283	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8
ТПП284	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП285	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП286	13	15	14	16	9	12	5	8	11	10	7	6
ТПП287	5	6	13	15	9	12	14	7	11	10	16	8

Таблица 2.19. Сочетание обозначений обмоток выводов и маркировка лепестков трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц напряжением 220 В (исполнение В)

Обозначение трансформатора	Расположение выводов при маркировке лепестков											
	а	б	в	г	д	е	ж	и	к	л	м	н
ТПП303							–	–	–	–	–	–
ТПП304							–	–	–	–	–	–
ТПП305	5	6	7	8	9	10	11	–	–	–	–	–
ТПП306							–	–	–	–	–	–
ТПП307							–	–	–	–	–	–
ТПП309					–	–	–	–	–	–	–	–
ТПП310	10	11	–	–	5	7	9	–	–	6	8	–
ТПП311	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
ТПП312	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП313	10	11	12	–	5	7	9	–	6	8	–	–
ТПП314	5	6	7	–	8	9	–	–	–	–	–	–
ТПП315	5	6	7	8	–	–	–	–	–	9	–	–
ТПП316	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
ТПП317	11	12	13	14	5	6	7	–	8	9	10	–
ТПП318	5	6	7	8	9	10	–	–	11	12	–	–
ТПП319	13	14	15	16	5	6	7	8	9	10	11	12
ТПП321	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП322	5	6	7	–	8	9	–	–	–	–	–	–
ТПП323	10	11	–	–	5	7	9	–	–	6	8	–
ТПП324	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
ТПП325	11	12	13	14	5	6	7	–	8	9	10	–
ТПП326	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
ТПП327	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП328	5	6	7	8	9	10	–	–	11	12	13	–
ТПП329	5	6	7	8	9	10	–	–	11	12	–	–
ТПП330	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП331	5	6	7	8	9	10	–	–	11	12	–	–
ТПП332	6	8	–	–	5	7	9	–	10	11	–	–
ТПП333	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание таблицы 2.19

Обозначение трансформатора	Расположение выводов при маркировке лепестков											
	а	б	в	г	д	е	ж	и	к	л	м	н
ТПП334	6	8	–	–	5	7	9	–	10	11	–	–
ТПП335	11	12	13	14	5	6	7	–	8	9	10	–
ТПП336	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП337	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–
ТПП338	11	12	13	14	5	6	7	–	8	9	10	–
ТПП340	5	6	7	8	9	10	–	–	11	12	–	–
ТПП341	6	8	–	–	5	7	9	–	10	11	–	–
ТПП342	5	6	7	8	–	9	10	–	–	–	–	–
ТПП343	–	6	8	–	5	7	9	–	–	10	11	–

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °C
пониженная рабочая	– 60 °C
повышенная предельная рабочая	+ 85 °C
пониженная предельная рабочая	– 60 °C
Циклическое воздействие температур:	
для трансформаторов исполнения В	– 60...+ 140 °C
для трансформаторов исполнения УХЛ	– 60...+ 85 °C
Относительная влажность воздуха при + 40 °C, без конденсации влаги, не более	98%
Атмосферное давление воздуха или давление другого газа:	
пониженное	$6 \cdot 10^{-1}$ кПа (5 мм рт. ст.)
повышенное	297,198 кПа (3 кгс/см^2)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...2 500 Гц с ускорением, не более	294,3 м/с^2 (30g)
Многократные удары длительностью 1...5 мс и частотой 40...60 мин$^{-1}$ с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 1. .10 мс с ускорением, не более	4 905 м/с^2 (500g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	490,5 м/с^2 (50g)
Срок службы, не менее	10 000 ч

Основные параметры

Трансформаторы питания малогабаритные типа ТПП относятся к однофазным низковольтным трансформаторам и рассчитаны на напряжение питающей сети переменного тока 40, 115 и 220 В с частотой 400 Гц. Рассматриваемые трансформаторы имеют четыре основные и две компенсационные обмотки, обеспечивающие получение различных токов и напряжений на вторичных обмотках. Путем последовательного (согласного или встречного) и параллельного соединений обмоток обеспечивается получение различных сочетаний токов и напряжений для питания РЭА и приборов.

Основные электрические параметры броневых трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц в номинальном режиме эксплуатации приведены в табл. 2.20 и 2.21.

Отклонения напряжений вторичных обмоток трансформаторов, измеренные в номинальном режиме при нормальных климатических условиях, составляют – 5...+ 10% для основных, и – 10...+ 14% — для вспомогательных компенсационных обмоток. Отклонения напряжений вторичных обмоток трансформаторов, измеренные в номинальном режиме при температуре + 85 °C, составляют – 8...+ 3% для основных, и – 13...+ 10% — для вспомогательных компенсационных обмоток. Отклонения напряжений вторичных обмоток трансформаторов, измеренные в номинальном режиме при температуре – 60 °C, составляют – 3...+ 20% для основных, и – 10. + 20% — для вспомогательных компенсационных обмоток.

Основные электрические параметры броневых трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц в режиме холостого хода приведены в табл. 2.22.

Сопротивление изоляции между обмотками, а также между обмотками и корпусом трансформатора при повышенной влажности окружающего воздуха составляет не менее 20 МОм.

Таблица 2.20. Электрические параметры трансформаторов питания типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц в режиме номинальной нагрузки и в нормальных условиях эксплуатации

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
	номинальная	максимальная	первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП6–40–400 ТПП6–115–400 ТПП6–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	2,5	2,5	0,66	ШЛ6х6,5
ТПП7–40–400 ТПП7–115–400 ТПП7–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	5	5	1,28	ШЛ6х6,5
ТПП8–40–400 ТПП8–115–400 ТПП8–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	10	10	2,6	ШЛ6х6,5
ТПП9–40–400 ТПП9–115–400 ТПП9–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	1,27	2,5	0,65	ШЛ6х6,5
ТПП10–40–400 ТПП10–115–400 ТПП10–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	2,5	5	1,3	ШЛ6х6,5
ТПП12–40–400 ТПП12–115–400 ТПП12–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,12 0,045 0,021	2,5	10	2,5	ШЛ6х6,5
ТПП15–40–400 ТПП15–115–400 ТПП15–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	1,27	1,25	0,4	ШЛ6х12,5
ТПП16–40–400 ТПП16–115–400 ТПП16–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	2,52	2,5	0,66	ШЛ6х12,5
ТПП17–40–400 ТПП17–115–400 ТПП17–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	5	5,03	1,32	ШЛ6х12,5
ТПП19–40–400 ТПП19–115–400 ТПП19–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	20	20	4	ШЛ6х12,5
ТПП20–40–400 ТПП20–115–400 ТПП20–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	1,28	2,53	0,39	ШЛ6х12,5
ТПП25–40–400 ТПП25–115–400 ТПП25–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,21 0,06 0,035	5	20	1,3	ШЛ6х12,5
ТПП31–40–400 ТПП31–115–400 ТПП31–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0 1 0,05	1,33	1 32	0,36	ШЛ8х10
ТПП32–40–400 ТПП32–115–400 ТПП32–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	2,5	2,55	0,64	ШЛ8х10
ТПП33–40–400 ТПП33–115–400 ТПП33–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	5,03	5	1,03	ШЛ8х10
ТПП35–40–400 ТПП35–115–400 ТПП35–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	1,33	2,5	0,36	ШЛ8х10

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
	номинальная	максимальная	первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП37–40–400 ТПП37–115–400 ТПП37–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	5,12	10	2,5	ШЛ8х10
ТПП40–40–400 ТПП40–115–400 ТПП40–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	10	20	2,6	ШЛ8х10
ТПП41–40–400 ТПП41–115–400 ТПП41–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,27 0,1 0,05	5	20	1,3	ШЛ8х10
ТПП52–40–400 ТПП52–115–400 ТПП52–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,45 0,17 0,09	1,3	1,28	0,47	ШЛ8х16
ТПП55–40–400 ТПП55–115–400 ТПП55–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,31 0,12 0,06	10	10	2,64	ШЛ8х12,5
ТПП57–40–400 ТПП57–115–400 ТПП57–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,31 0,12 0,06	1,3	2,57	0,73	ШЛ8х12,5
ТПП58–40–400 ТПП58–115–400 ТПП58–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,45 0,17 0,09	2,5	5,1	0,71	ШЛ8х16
ТПП62–40–400 ТПП62–115–400 ТПП62–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,45 0,17 0,09	5	20	1,3	ШЛ8х16
ТПП63–40–400 ТПП63–115–400 ТПП63–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,45 0,17 0,09	2,55	20	5,04	ШЛ8х16
ТПП69–40–400 ТПП69–115–400 ТПП69–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	1,29	1,28	0,46	ШЛ10х12,5
ТПП70–40–400 ТПП70–115–400 ТПП70–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	2,5	2,5	0,71	ШЛ10х12,5
ТПП71–40–400 ТПП71–115–400 ТПП71–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	5	5	1,3	ШЛ10х12,5
ТПП73–40–400 ТПП73–115–400 ТПП73–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	20	20	4,04	ШЛ10х12,5
ТПП74–40–400 ТПП74–115–400 ТПП74–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	1,31	2,58	0,35	ШЛ10х12,5
ТПП76–40–400 ТПП76–115–400 ТПП76–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	5,07	10	2,6	ШЛ10х12,5
ТПП77–40–400 ТПП77–115–400 ТПП77–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	2,5	10	0,7	ШЛ10х12,5
ТПП78–40–400 ТПП78–115–400 ТПП78–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	10	20	2,6	ШЛ10х12,5
ТПП79–40–400 ТПП79–115–400 ТПП79–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,41 0,16 0,08	5	20	1,3	ШЛ10х12,5

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
	номинальная	максимальная	первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП86–40–400 ТПП86–115–400 ТПП86–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,63 0,21 0,12	1,35	1,35	0,38	ШЛ10x20
ТПП87–40–400 ТПП87–115–400 ТПП87–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,63 0,21 0,12	2,67	2,67	0,76	ШЛ10x20
ТПП89–40–400 ТПП89–115–400 ТПП89–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,63 0,21 0,12	5	5,15	1,33	ШЛ10x20
ТПП90–40–400 ТПП90–115–400 ТПП90–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,63 0,21 0,12	10	10	10,1	ШЛ10x20
ТПП91–40–400 ТПП91–115–400 ТПП91–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,63 0,21 0,12	20	20	4	ШЛ10x20
ТПП92–40–400 ТПП92–115–400 ТПП92–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	5,66	1,36	2,52	0,38	ШЛ10x20
ТПП93–40–400 ТПП93–115–400 ТПП93–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	2,7	0,68	5	1,33	ШЛ10x20
ТПП95–40–400 ТПП95–115–400 ТПП95–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,68	10	20	5	ШЛ10x20
ТПП106–40–400 ТПП106–115–400 ТПП106–220–400	82	82	2,5 0,85 0,45	1,44	1,19	1,19	0,47	ШЛ12x20
ТПП107–40–400 ТПП107–115–400 ТПП107–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	7,2	2,6	2,6	0,47	ШЛ12x20
ТПП109–40–400 ТПП109–115–400 ТПП109–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	1,8	10,14	10,35	2,58	ШЛ12x20
ТПП110–40–400 ТПП110–115–400 ТПП110–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	1,16	10	20,1	4,23	ШЛ12x20
ТПП111–40–400 ТПП111–115–400 ТПП111–220–400	100	100	3 1,1 0,55	11,6	1,094	2,71	0,53	ШЛ12x20
ТПП113–40–400 ТПП113–115–400 ТПП113–220–400	100	100	3 1,1 0,55	2,8	5	10	2,65	ШЛ12x25
ТПП121–40–400 ТПП121–115–400 ТПП121–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	22,2	1,27	0,51	0,51	ШЛ16x16
ТПП122–40–400 ТПП122–115–400 ТПП122–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	11,5	2,53	2,53	0,76	ШЛ16x16
ТПП124–40–400 ТПП124–115–400 ТПП124–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	3	10,1	10,1	2,52	ШЛ16x16
ТПП125–40–40 ТПП125–115–400 ТПП125–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	1,9	20,2	20,2	4,03	ШЛ16x16

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
	номинальная	максимальная	первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП126–40–400 ТПП126–115–400 ТПП126–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,28	1,25	1,27	0,35	ШЛ6х6,5
ТПП127–40–400 ТПП127–115–400 ТПП127–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	0,69	2,5	20	5,07	ШЛ6х6,5
ТПП131–40–400 ТПП131–115–400 ТПП131–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,13	20	20	4	ШЛ8х10
ТПП133–40–400 ТПП133–115–400 ТПП133–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,54	5,06	5	1,03	ШЛ8х10
ТПП134–40–400 ТПП134–115–400 ТПП134–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	7,65	2,52	5,04	1,26	ШЛ16х16
ТПП136–40–400 ТПП136–115–400 ТПП136–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	4,45	2,52	10,1	2,52	ШЛ16х16
ТПП147–40–400 ТПП147–115–400 ТПП147–220–400	210	210	5,7 2 1,1	17,3	2,71	2,71	0,67	ШЛ16х25
ТПП148–40–400 ТПП148–115–400 ТПП148–220–400	210	210	6 2,3 1,2	9,1	5,07	5,07	1,35	ШЛ16х25
ТПП150–40–400 ТПП150–115–400 ТПП150–220–400	210	210	5,7 2 1,1	22,2	1,35	2,71	0,67	ШЛ16х25
ТПП151–40–400 ТПП151–115–400 ТПП151–220–400	210	210	5,7 2 1,1	11,6	2,71	5,07	1,35	ШЛ16х25
ТПП197–40–400 ТПП197–115–400 ТПП197–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,023	10	20	5	ШЛ6х6,5
ТПП198–40–400 ТПП198–115–400 ТПП198–220–400	100	100	3 1,1 0,55	1,53	10	20	2,65	ШЛ12х25
ТПП206–40–400 ТПП206–115–400 ТПП206–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,05	5	10	1,3	ШЛ6х6,5
ТПП207–40–400 ТПП207–115–400 ТПП207–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,025	5	20	5	ШЛ6х6,5
ТПП208–40–400 ТПП208–115–400 ТПП208–220–400	1,65	3,5	0,12 0,045 0,021	0,035	2,5	20	0,65	ШЛ6х6,5
ТПП210–40–400 ТПП210–115–400 ТПП210–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,36	2,52	5	0,63	ШЛ6х12,5
ТПП211–40–400 ТПП211–115–400 ТПП211–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,17	10	10	2,6	ШЛ6х12,5
ТПП212–40–400 ТПП212–115–400 ТПП212–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,22	2,5	10	0,65	ШЛ6х12,5

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансфор-матора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнито-провода
	номи-нальная	макси-мальная	первич-ной	вторич-ной	II, II^1	III, III^1	IV$_к$, V$_к$	
ТПП213–40–400 ТПП213–115–400 ТПП213–220–400	6	8 5	0,28 0,09 0,05	0 09	10	20	2,64	ШЛ6х12.5
ТПП214–40–400 ТПП214–115–400 ТПП214–220–400	6	8,5	0,28 0,09 0,05	0,11	2,53	20	5	ШЛ6х12,5
ТПП215–40–400 ТПП215–115–400 ТПП215–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,72	2,56	5,04	0,64	ШЛ8х10
ТПП216–40–400 ТПП216–115–400 ТПП216–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,45	2,5	10	0,65	ШЛ8х10
ТПП217–40–400 ТПП217–115–400 ТПП217–220–400	12	15	0,47 0,17 0,09	0,22	2,5	20	5	ШЛ8х10
ТПП218–40–400 ТПП218–115–400 ТПП218–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,24	10	20	5	ШЛ8х12,5
ТПП219–40–400 ТПП219–115–400 ТПП219–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,96	2,5	5	1,3	ШЛ8х12,5
ТПП220–40–400 ТПП220–115–400 ТПП220–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0.56	2,5	10	2.6	ШЛ8х12.5
ТПП221–40–400 ТПП221–115–400 ТПП221–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,37	2,5	20	0,64	ШЛ8х12,5
ТПП222–40–400 ТПП222–115–400 ТПП222–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,52	5	10	1,3	ШЛ8х12,5
ТПП223–40–400 ТПП223–115–400 ТПП223–220–400	17	19	0,63 0,23 0,12	0,28	5	20	5	ШЛ8х12,5
ТПП224–40–400 ТПП224–115–400 ТПП224–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,86	2,56	10,1	0,7	ШЛ8х16
ТПП225–40–400 ТПП225–115–400 ТПП225–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	2,8	1,27	2,59	0,24	ШЛ8х16
ТПП226–40–400 ТПП226–115–400 ТПП226–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	1,96	2,6	3,56	0,705	ШЛ8х16
ТПП227–40–400 ТПП227–115–400 ТПП227–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	1	5	5	1,27	ШЛ8х12,5
ТПП228–40–400 ТПП228–115–400 ТПП228–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,35	10	20	2,57	ШЛ8х12,5
ТПП229–40–400 ТПП229–115–400 ТПП229–220–400	23	25	0,83 0,29 0,145	0,26	20	20	4	ШЛ8х12,5
ТПП230–40–400 ТПП230–115–400 ТПП230–220–400	38	38	1,2 0,42 0,22	2,3	2,5	5	0,65	ШЛ8х12.5

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансфор-матора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнито-провода
	номи-нальная	макси-мальная	первич-ной	вторич-ной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП231–40–400 ТПП231–115–400 ТПП231–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	1,47	5	10	1,33	ШЛ10х20
ТПП232–40–400 ТПП232–115–400 ТПП232–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	0,8	5	20	5	ШЛ10х20
ТПП233–40–400 ТПП233–115–400 ТПП233–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	1,02	2,68	20	0,77	ШЛ10х20
ТПП234–40–400 ТПП234–115–400 ТПП234–220–400	48	48	1,5 0,53 0,29	1,6	2,7	10	2,68	ШЛ10х20
ТПП235–40–400 ТПП235–115–400 ТПП235–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	11,2	1,32	1,32	0,383	ШЛ12х16
ТПП236–40–400 ТПП236–115–400 ТПП236–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	7,85	1,3	2,64	0,375	ШЛ12х16
ТПП237–40–400 ТПП237–115–400 ТПП237–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	5,65	2,63	2,62	0,75	ШЛ12х16
ТПП238–40–400 ТПП238–115–400 ТПП238–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	4,06	2,6	5	0,75	ШЛ12х16
ТПП239–40–400 ТПП239–115–400 ТПП239–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	2,55	2,5	10	0,76	ШЛ12х16
ТПП246–40–400 ТПП246–115–400 ТПП246–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	1,16	10	20.1	5,15	ШЛ12х20
ТПП247–40–400 ТПП247–115–400 ТПП247–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	8,7	1,18	2,6	0,94	ШЛ12х20
ТПП248–40–400 ТПП248–115–400 ТПП248–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	4,56	2,58	5	1,4	ШЛ12х20
ТПП249–40–400 ТПП249–115–400 ТПП249–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	2,7	2,57	10,15	2,32	ШЛ12х20
ТПП250–40–400 ТПП250–115–400 ТПП250–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	1,75	2,58	20,2	0,7	ШЛ12х20
ТПП251–40–400 ТПП251–115–400 ТПП251–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	3,5	5,16	5,16	1,4	ШЛ12х20
ТПП252–40–400 ТПП252–115–400 ТПП252–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	2,44	5,15	10,2	1,4	ШЛ12х20
ТПП253–40–400 ТПП253–115–400 ТПП253–220–400	82	82	2,4 0,85 0,45	1,35	5,15	20,2	5,1	ШЛ12х20
ТПП254–40–400 ТПП254–115–400 ТПП254–220–400	100	100	3 1,1 0,55	3,77	2,65	10	0,59	ШЛ12х25

Продолжение таблицы 2.20

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнитопровода
	номинальная	максимальная	первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IVк, Vк	
ТПП255–40–400 ТПП255–115–400 ТПП255–220–400	100	100	3 1,1 0,55	1,9	4,96	20	1,45	ШЛ12х25
ТПП256–40–400 ТПП256–115–400 ТПП256–220–400	100	100	3 1,1 0,55	1,8	2,64	20	5	ШЛ12х25
ТПП257–40–400 ТПП257–115–400 ТПП257–220–400	100	100	3 1,1 0,55	6	2,56	5	0,59	ШЛ12х25
ТПП259–40–400 ТПП259–115–400 ТПП259–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	2,88	2,52	20,2	0,75	ШЛ16х16
ТПП260–40–400 ТПП260–115–400 ТПП260–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	2,23	5,04	20,2	5,04	ШЛ16х16
ТПП261–40–400 ТПП261–115–400 ТПП261–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	4,1	5,04	10,1	1,28	ШЛ16х16
ТПП262–40–400 ТПП262–115–400 ТПП262–220–400	135	135	3,8 1,3 0,7	1,9	10,1	20,2	5,04	ШЛ16х16
ТПП266–40–400 ТПП266–115–400 ТПП266–220–400	210	210	5,7 2 1,1	31,2	1,35	1,35	0,67	ШЛ16х25
ТПП268–40–400 ТПП268–115–400 ТПП268–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	1,23	2,6	20	5	ШЛ12х16П
ТПП269–40–400 ТПП269–115–400 ТПП269–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	3,05	5	5	1,13	ШЛ12х16
ТПП270–40–400 ТПП270–115–400 ТПП270–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	1,92	5	10,1	2,6	ШЛ12х16
ТПП271–40–400 ТПП271–115–400 ТПП271–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	1,3	5	20	1,13	ШЛ12х16
ТПП272–40–400 ТПП272–115–400 ТПП272–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	1,04	10	20	2,6	ШЛ12х16
ТПП273–40–400 ТПП273–115–400 ТПП273–220–400	68	68	2,2 0,75 0,4	0,77	20	20	4	ШЛ12х16
ТПП274–40–400 ТПП274–115–400 ТПП274–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	19	1,16	2,58	0,575	ШЛ16х20
ТПП275–40–400 ТПП275–115–400 ТПП275–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	10,3	2,55	5,12	0,57	ШЛ16х20
ТПП276–40–400 ТПП276–115–400 ТПП276–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	6,45	2,55	10	0,57	ШЛ16х20
ТПП277–40–400 ТПП277–115–400 ТПП277–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	3,1	2,55	20	5,1	ШЛ16х20

Окончание таблицы 2.20

Типономинал трансфор-матора	Мощность, В · А		Ток обмотки, А		Напряжение на выводах вторичной обмотки, В			Типоразмер магнито-провода
	номи-нальная	макси-мальная	первич-ной	вторич-ной	II, II¹	III, III¹	IVк, Vк	
ТПП278–40–400 ТПП278–115–400 ТПП278–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	4,8	5,1	10	2,56	ШЛ16х20
ТПП279–40–400 ТПП279–115–400 ТПП279–220–400	170	170	4,7 1,65 0,86	3,2	5,1	20	1,42	ШЛ16х20
ТПП280–40–400 ТПП280–115–400 ТПП280–220–400	170	170	4,7 1,65 0,8	2,6	10,15	20,1	2,55	ШЛ16х20
ТПП281–40–400 ТПП281–115–400 ТПП281–220–400	210	210	6 2,3 1,2	7	2,5	10	2,5	ШЛ16х32
ТПП282–40–400 ТПП282–115–400 ТПП282–220–400	210	210	6 2,3 1,2	4,5	2,5	20	0,83	ШЛ16х32
ТПП283–40–400 ТПП283–115–400 ТПП283–220–400	210	210	6 2,3 1,2	6,45	5	10	1,25	ШЛ16х32
ТПП284–40–400 ТПП284–115–400 ТПП284–220–400	210	210	6 2,3 1,2	3,5	5	20	5	ШЛ16х32
ТПП285–40–400 ТПП285–115–400 ТПП285–220–400	210	210	6 2,3 1,2	4,65	10	10	2,5	ШЛ16х32
ТПП286–40–400 ТПП286–115–400 ТПП286–220–400	210	210	6 2,3 1,2	3	10	20	5	ШЛ16х32
ТПП287–40–400 ТПП287–115–400 ТПП287–220–400	210	210	6 2,3 1,2	2,35	20	20	2,35	ШЛ16х32

Таблица 2.21. Электрические параметры трансформаторов типа ТПП всеклиматического исполнения

Обозначение трансфор-матора	Номиналь-ная мощ-ность, В · А	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичных обмоток в номинальном режиме, В				
			II	III	IV	V	VI
ТПП301–220–400	120	0,7	2,4	–	–	–	–
ТПП302–220–400	2,5	0,04	50	–	–	–	–
ТПП303–220–400	2,4	0,04	12	–	–	–	–
ТПП304–220–400	3	0,04	1,5	–	–	–	–
ТПП305–220–400	5,8	0,07	115	–	–	–	–
ТПП306–220–400	9,3	0,08	31	–	–	–	–
ТПП307–220–400	10	0,09	50	50	50	50	50
ТПП309–220–400	15,1	0,12	21	50	–	–	–
ТПП310–220–400	16,1	0,12	17x2/14x2	50	–	–	–
ТПП311–220–400	18	0,12	34/36/38	–	–	–	–
ТПП312–220–400	18,6	0,15	31	–	–	–	–
ТПП313–220–400	20,2	0,15	19x2/13x2	50x2	–	–	–
ТПП314–220–400	24,9	0,18	14x2	50	–	–	–
ТПП315–220–400	27,7	0,18	21	50	–	–	–
ТПП316–220–400	25,5	0,18	38	50	–	–	–
ТПП317–220–400	29	0,19	15x2	15x2	–	–	–
ТПП318–220–400	30,2	0,2	21	21	50	50	–
ТПП319–220–400	28	0,2	50x2/19x2	13x2	50	50	–
ТПП321–220–400	40 8	0,25	34	–	–	–	–
ТПП322–220–400	41	0,26	12x2	50	–	–	–

Продолжение таблицы 2.21

Обозначение трансфор-матора	Номиналь-ная мощ-ность, В · А	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичных обмоток в номинальном режиме, В				
			II	III	IV	V	VI
ТПП323–220–400	43,3	0,27	17х2/19х2	50	–	–	–
ТПП324–220–400	53,1	0,3	23	50	–	–	–
ТПП325–220–400	53	0,3	15х2	15х2	50	50	–
ТПП326–220–400	50,8	0,3	21	50	–	–	–
ТПП327–220–400	45,5	0,29	31	–	–	–	–
ТПП328–220–400	55,4	0,3	21	21	50	50	–
ТПП329–220–400	55,6	0,3	66,7/70/73	36	28	–	–
ТПП330–220–400	52,5	0,3	15	–	–	–	–
ТПП331–220–400	59	0,35	18	18	50	50	–
ТПП332–220–400	65	0,35	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП333–220–400	80,7	0,45	23	50	–	–	–
ТПП334–220–400	72,5	0,38	14х2/5х2	50	–	–	–
ТПП335–220–400	83	0,5	15х2	15х2	50	50	–
ТПП336–220–400	75,9	0,45	33	–	–	–	–
ТПП337–220–400	85	0,55	18	–	–	–	–
ТПП338–220–400	101	0,6	15х2	15х2	50	50	–
ТПП339–220–400	94,2	0,6	10	12,4	–	–	–
ТПП340–220–400	120	0,6	23	23	50	50	–
ТПП341–220–400	102,5	0,6	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП342–220–400	115,5	0,6	33	–	–	–	–
ТПП343–220–400	127,5	0,65	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП344–220–400	165	0,85	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП345–220–400	202,5	1	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП346–220–400	252,5	1,3	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП347–220–400	302,5	1 5	12,5х2/5х2	50	–	–	–
ТПП348–220–400	92,5	0,6	10х2/5х2	50	–	–	–
ТПП349–220–400	32,5	0,21	10х2	50	–	–	–
ТПП350–220–400	441	1,8	23	33	50	50	–
ТПП351–220–400	183	1	22	32	50	50	–
ТПП352–220–400	98,6	0,6	72	50	50	50	–
ТПП353–220–400	170,5	1	31	–	–	–	–
ТПП354–220–400	28	0,2	7х2	–	–	–	–
ТПП355–220–400	45,6	0,28	19,8/20/20	36	28	–	–
ТПП356–220–400	18,5	0,14	30	17,5	50	50	50
ТПП357–220–400	42	0,27	20х2/13х2	50х2	–	–	–
ТПП358–220–400	143,9	0,8	31	5х2	50	–	–
ТПП359–220–400	100	0,6	21	5х2	50	–	–
ТПП360–220–400	70,5	0,38	21	5х2	50	–	–
ТПП361–220–400	75,7	0,45	31	7х2	50	–	–
ТПП362–220–400	11,5	0,09	33	–	–	–	–
ТПП363–220–400	23,6	0,16	43	–	–	–	–
ТПП364–220–400	132	0,7	33	–	–	–	–
ТПП365–220–400	2,7	0,04	180	–	–	–	–
ТПП366–220–400	14	0,11	70	–	–	–	–
ТПП367–220–400	7	0,07	70	–	–	–	–
ТПП368–220–400	20,5	0,15	41/205	–	–	–	–
ТПП369–220–400	33	0,21	70	70	50	50	–
ТПП370–220–400	21	0,15	26,5/28/29,5	42	28	–	–
ТПП371–220–400	22,5	0,15	28,5/30/31,5	50	–	–	–
ТПП372–220–400	25	0,18	47,5/50/52,5	50	–	–	–
ТПП373–220–400	112,5	0,65	12,5х2/5х2	12,5х2	50	50	–
ТПП374–220–400	30,5	0,2	14х2	50	–	–	–
ТПП375–220–400	70	0,38	7х2	–	–	–	–
ТПП376–220–400	21	0,15	70	70	70	–	–
ТПП377–220–400	26,5	0,18	17х2	30	50	50	–
ТПП378–220–400	60	0,35	31	5х2	50	–	–
ТПП379–220–400	21,7	0,15	32	50	–	–	–
ТПП380–220–400	4,1	0,05	6,3	–	–	–	–
ТПП381–220–400	8,2	0,07	6,3	6,3	–	–	–
ТПП382–220–400	18,7	0,15	50	14х2	50х2	–	–
ТПП383–220–400	88,6	0,5	38	50	38	50	–
ТПП384–220–400	0,13	0,03	6,3	6,3	–	–	–
ТПП385–220–400	156	0,85	110	100х2	36	–	–
ТПП386–220–400	120	0,650	50х2	50х2	–	–	–
ТПП387–220–400	133,5	0,7	21	5х2	50	–	–

Окончание таблицы 2.21

Обозначение трансфор-матора	Номиналь-ная мощ-ность, В · А	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичных обмоток в номинальном режиме, В				
			II	III	IV	V	VI
ТПП388–220–400	205,5	1,1	33,3	5x2	50	–	–
ТПП389–220–400	35	0,24	28,5/30/31,5	50	–	–	–
ТПП390–220–400	71,5	0,33	66,5/70/73,5	50	–	–	–
ТПП391–220–400	142,5	0,8	14x2/5x2	50	–	–	–
ТПП392–220–400	226,5	1,2	14x2/5x2	50	–	–	–
ТПП393–220–400	7,6	0,07	33,3/36/38,7	8,5/20/21,5	–	–	–
ТПП394–220–400	18,4	0,15	23	–	–	–	–
ТПП395–220–400	5,2	0,06	38	50	–	–	–
ТПП396–220–400	50,5	0,3	10,1x2/4,97x2	50	–	–	–
ТПП397–220–400	60,4	0,35	12x2	17,1x2	50	50	–
ТПП398–220–400	145	0,8	33	–	–	–	–
ТПП399–220–400	30,5	0,2	21	50	50	–	–
ТПП400–220–400	27,4	0,18	50	14x2	50	–	–
ТПП401–220–400	44,3	0,27	38	50	–	–	–
ТПП402–220–400	63,5	0,36	38	50	–	–	–
ТПП403–220–400	74,5	1	21	5x2	50	–	–
ТПП404–220–400	54,5	0,38	43	–	–	–	–
ТПП405–220–400	60	0,38	60	–	–	–	–
ТПП406–220–400	55,5	0,33	36	5,55x2,5/4,75x2	–	–	–
ТПП407–220–400	8,5	0 072	36	5.25x2,5/4,75x2	–	–	–
ТПП408–220–400	3	0 035	85/100/115/ /127/150	50	50	–	–
ТПП409–220–400	105	0 6	14x2/5x2	50	50	–	–
ТПП410–220–400	200	1,2	14x2/5x2	50	–	–	–
ТПП411–220–400	37,1	0,23	14x2	50	–	–	–
ТПП412–220–400	24	0,17	17,2	50	–	–	–
ТПП413–220–400	120	0,65	58	50	–	–	–
ТПП414–220–400	5,6	0,065	8x2	–	–	–	–
ТПП415–220–400	61,5	0,38	21	50	38	50	–
ТПП416–220–400	85	0,55	12,5x2/5x2	50	38	50	–
ТПП417–220–400	18,6	0,135	24,8/31	–	–	–	–
ТПП418–220–400	15,5	0,11	60	50	–	–	–
ТПП419–220–400	54,5	0,33	13x2	50x2	21	50	–
ТПП420–220–400	96	0,6	12,5x2/5x2	13x2	50	50	50
ТПП421–220–400	385	2,1	38,1x2/5x2	50	–	–	–
ТПП422–220–400	105	0,62	6.3	270	270	14	25x 45
ТПП423–220–400	98	0,6	4,8x2	135x2	18/ /21/ /24,3/ 28	–	–

Таблица 2.22. Электрические параметры трансформаторов типа ТПП в режиме холостого хода

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II^1	III, III^1	IV, IV$_к$	V, V$_к$	
ТПП6–40–400 ТПП6–115–400 ТПП6–220–400	0,12 0,045 0,021	1,52	1,56	0,43	0,43	ШЛ6x6,5
ТПП7–40–400 ТПП7–115–400 ТПП7–220–400	0,12 0,045 0,021	5,9	5,9	1,44	1,44	ШЛ6x6,5
ТПП8–40–400 ТПП8–115–400 ТПП8–220–400	0,12 0,045 0,021	11,7	11,9	3,05	3,08	ШЛ6x6,5
ТПП9–40–400 ТПП9–115–400 ТПП9–220–400	0,12 0,045 0,021	1,48	2,93	0,78	0,78	ШЛ6x6,5

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах аторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IVк	V, Vк	
ТПП10–40–400 ТПП10–115–400 ТПП10–220–400	0,12 0,045 0,021	2,93	5,93	1,52	1,52	ШЛ6х6,5
ТПП12–40–400 ТПП12–115–400 ТПП12–220–400	0,12 0,045 0,021	2,89	11,7	3,08	3,08	ШЛ6х6,5
ТПП15–40–400 ТПП15–115–400 ТПП15–220–400	0,21 0,06 0,035	1,43	1,43	0,45	0,45	ШЛ6х12,5
ТПП16–40–400 ТПП16–115–400 ТПП16–220–400	0,21 0,06 0,035	2,87	2,87	0,76	0,76	ШЛ6х12,5
ТПП17–40–400 ТПП17–115–400 ТПП17–220–400	0,21 0,06 0,035	5,65	5,73	1,51	1,51	ШЛ6х12,5
ТПП19–40–400 ТПП19–115–400 ТПП19–220–400	0,21 0,06 0,035	23,1	23,4	4,75	4,75	ШЛ6х12,5
ТПП20–40–400 ТПП20–115–400 ТПП20–220–400	0,21 0,06 0,035	1,51	2,94	0,45	0,45	ШЛ6х12,5
ТПП25–40–400 ТПП25–115–400 ТПП25–220–400	0,21 0,06 0,035	5,92	23,1	1,51	1,51	ШЛ6х12,5
ТПП31–40–400 ТПП31–115–400 ТПП31–220–400	0,27 0,1 0,05	1,46	1,46	0,41	0,41	ШЛ8х10
ТПП32–40–400 ТПП32–115–400 ТПП32–220–400	0,27 0,1 0,05	2,78	2,85	0,73	0,73	ШЛ8х10
ТПП33–40–400 ТПП33–115–400 ТПП33–220–400	0,27 0,1 0,05	5,54	5,54	1,14	1,14	ШЛ8х10
ТПП35–40–400 ТПП35–115–400 ТПП35–220–400	0,27 0,1 0,05	1,46	2,78	0,73	0,73	ШЛ8х10
ТПП37–40–400 ТПП37–115–400 ТПП37–220–400	0,27 0,1 0,05	5,8	11,5	2,85	2,85	ШЛ8х10
ТПП40–40–400 ТПП40–115–400 ТПП40–220–400	0,27 0,1 0,05	11,35	25,62	3,03	3,03	ШЛ8х10
ТПП41–40–400 ТПП41–115–400 ТПП41–220–400	0,27 0 1 0,05	5,7	22,5	1,46	1,46	ШЛ8х10
ТПП52–40–400 ТПП52–115–400 ТПП52–220–400	0,45 0,17 0,09	1,42	1,42	0,55	0,55	ШЛ8х16
ТПП55–40–400 ТПП55–115–400 ТПП55–220–400	0,31 0,12 0,06	11	11,2	2,96	2,96	ШЛ8х12,5
ТПП57–40–400 ТПП57–115–400 ТПП57–220–400	0,31 0,12 0,06	1,43	2,85	0,816	0,816	ШЛ8х12,5

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансформатора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначение магнитопровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IVк	V, Vк	
ТПП58–40–400 ТПП58–115–400 ТПП58–220–400	0,45 0,17 0,09	2,83	5,67	0,773	0,773	ШЛ8х16
ТПП59–40–400 ТПП59–115–400 ТПП59–220–400	0,45 0,17 0,09	5,55	11	2,83	2,83	ШЛ8х16
ТПП62–40–400 ТПП62–115–400 ТПП62–220–400	0,45 0,17 0,09	5,4	21,8	1,42	1,42	ШЛ8х16
ТПП63–40–400 ТПП63–115–400 ТПП63–220–400	0,45 0,17 0,09	2,83	21,8	5,55	5,55	ШЛ8х16
ТПП69–40–400 ТПП69–115–400 ТПП69–220–400	0,41 0,16 0,08	1,41	1,41	0,514	0,514	ШЛ10х12,5
ТПП70–40–400 ТПП70–115–400 ТПП70–220–400	0,41 0,16 0,08	2,7	2,7	0,77	0,77	ШЛ10х12,5
ТПП71–40–400 ТПП71–115–400 ТПП71–220–400	0,41 0,16 0,08	5,4	5,4	1,41	1,41	ШЛ10х12,5
ТПП73–40–400 ТПП73–115–400 ТПП73–220–400	0,41 0,16 0,08	21,5	21,5	4,37	4,37	ШЛ10х12,5
ТПП74–40–400 ТПП74–115–400 ТПП74–220–400	0,41 0,16 0,08	1,41	2,82	0,386	0,386	ШЛ10х12,5
ТПП76–40–400 ТПП76–115–400 ТПП76–220–400	0,41 0,16 0,08	5,5	10,8	2,8	2,8	ШЛ10х12.5
ТПП77–40–400 ТПП77–115–400 ТПП77–220–400	0,41 0,16 0,08	2,7	10,8	0,77	0,77	ШЛ10х12,5
ТПП78–40–400 ТПП78–115–400 ТПП78–220–400	0,41 0,16 0,08	10,8	21,8	2,82	2,82	ШЛ10х12,5
ТПП79–40–400 ТПП79–115–400 ТПП79–220–400	0,41 0,16 0,08	5,4	21,4	1,41	1,41	ШЛ10х12,5
ТПП86–40–400 ТПП86–115–400 ТПП86–220–400	0,63 0,21 0,12	1,42	2,64	0,405	0,405	ШЛ10х20
ТПП87–40–400 ТПП87–115–400 ТПП87–220–400	0,63 0,21 0,12	2,83	2,83	0,81	0,81	ШЛ10х20
ТПП89–40–400 ТПП89–115–400 ТПП89–220–400	0,63 0,21 0,12	5,27	5,48	1,42	1,42	ШЛ10х20
ТПП90–40–400 ТПП90–115–400 ТПП90–220–400	0,63 0,21 0,12	10,5	10,7	2,83	2,83	ШЛ10х20
ТПП91–40–400 ТПП91–115–400 ТПП91–220–400	0,63 0,21 0,12	21,1	21,1	4,26	4,26	ШЛ10х20

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IV_K	V, V_K	
ТПП92–40–400 ТПП92–115–400 ТПП92–220–400	0,63 0,21 0,12	1,42	2,64	0,405	0,405	ШЛ10х20
ТПП93–40–400 ТПП93–115–400 ТПП93–220–400	0,63 0,21 0,12	2,83	5,27	1,42	1,42	ШЛ10х20
ТПП95–40–400 ТПП95–115–400 ТПП95–220–400	0,63 0,21 0,12	10,55	21,1	5,27	5,27	ШЛ10х20
ТПП106–40–400 ТПП106–115–400 ТПП106–220–400	0,9 0,3 0,15	1,22	1,22	0,49	0,49	ШЛ12х20
ТПП107–40–400 ТПП107–115–400 ТПП107–220–400	0,9 0,3 0,15	2,7	2,7	0,98	0,98	ШЛ12х20
ТПП109–40–400 ТПП109–115–400 ТПП109–220–400	0,9 0,3 0,15	10,5	10,75	2,7	2,7	ШЛ12х20
ТПП110–40–400 ТПП110–115–400 ТПП110–220–400	0,9 0,3 0,15	20,8	20,8	4,4	4,4	ШЛ12х20
ТПП111–40–400 ТПП111–115–400 ТПП111–220–400	0,9 0,31 0,17	1,21	3,04	0,608	0,608	ШЛ12х25
ТПП113–40–400 ТПП113–115–400 ТПП113–220–400	0,9 0,31 0,17	5,17	10,3	2,74	2,74	ШЛ12х25
ТПП121–40–400 ТПП121–115–400 ТПП121–220–400	0,85 0,3 0,16	1,3	1,3	0,52	0,52	ШЛ16х16
ТПП122–40–400 ТПП122–115–400 ТПП122–220–400	0,85 0,3 0,16	2,6	2,6	0,78	0,78	ШЛ16х16
ТПП123–40–400 ТПП123–115–400 ТПП123–220–400	0,87 0,32 0,17	5,2	5,2	1,3	1,3	ШЛ16х16
ТПП124–40–400 ТПП124–115–400 ТПП124–220–400	0,87 0,32 0,17	10,4	10,4	2,6	2,6	ШЛ16х16
ТПП125–40–400 ТПП125–115–400 ТПП125–220–400	0,87 0,31 0,17	20,8	20,8	4,16	4,16	ШЛ16х16
ТПП126–40–400 ТПП126–115–400 ТПП126–220–400	0,12 0,045 0,021	1,52	1,56	0,43	0,43	ШЛ6х6,5
ТПП127–40–400 ТПП127–115–400 ТПП127–220–400	0,41 0,16 0,08	2,82	21,8	5,5	5,5	ШЛ10х12,5
ТПП131–40–400 ТПП131–115–400 ТПП131–220–400	0,27 0,1 0,05	22,5	22,7	4,56	4,56	ШЛ8х10
ТПП133–40–400 ТПП133–115–400 ТПП133–220–400	0,27 0,1 0,05	5,54	5,54	1,14	1,14	ШЛ8х10

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах аторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IVк	V, Vк	
ТПП134–40–400 ТПП134–115–400 ТПП134–220–400	0,87 0,32 0,17	2,6	5,2	1,3	1,3	ШЛ16х16
ТПП136–40–400 ТПП136–115–400 ТПП136–220–400	0,87 0,32 0,17	2,6	10,4	2,6	2,6	ШЛ16х16
ТПП147–40–400 ТПП147–115–400 ТПП147–220–400	0,82 0,285 0,148	2,78	2,78	0,69	0,69	ШЛ16х25
ТПП148–40–400 ТПП148–115–400 ТПП148–220–400	0,82 0,285 0,148	5,2	5,2	1,39	1,39	ШЛ16х25
ТПП150–40–400 ТПП150–115–400 ТПП150–220–400	0,82 0,285 0,148	1,39	2,78	0,69	0,69	ШЛ16х25
ТПП151–40–400 ТПП151–115–400 ТПП151–220–400	0,82 0,285 0,148	2,78	5,2	1,39	1,39	ШЛ16х25
ТПП197–40–400 ТПП197–115–400 ТПП197–220–400	0,12 0,045 0,021	12,1	24,1	6,15	6,15	ШЛ6х6,5
ТПП198–40–400 ТПП198–115–400 ТПП198–220–400	0,9 0,31 0,17	10,3	20,7	2,74	2,74	ШЛ12х25
ТПП206–40–400 ТПП206–115–400 ТПП206–220–400	0,12 0,045 0,021	5,85	11 8	1,56	1,56	ШЛ6х6,5
ТПП207–40–400 ТПП207–115–400 ТПП207–220–400	0,12 0,045 0,021	5 8	23,6	5,93	5,93	ШЛ6х6,5
ТПП208–40–400 ТПП208–115–400 ТПП208–220–400	0,12 0,045 0,021	2,96	23,5	0,78	0,78	ШЛ6х6,5
ТПП210–40–400 ТПП210–115–400 ТПП210–220–400	0,21 0,06 0,035	3,02	6,05	0,76	0,76	ШЛ6х12,5
ТПП211–40–400 ТПП211–115–400 ТПП211–220–400	0,21 0,06 0,035	5,82	11,55	3,02	3,02	ШЛ6х12,5
ТПП212–40–400 ТПП212–115–400 ТПП212–220–400	0,21 0,06 0,035	2,94	11,6	0,76	0,76	ШЛ6х12,5
ТПП213–40–400 ТПП213–115–400 ТПП213–220–400	0,21 0,06 0,035	11,3	22,7	3,02	3,02	ШЛ6х12,5
ТПП214–40–400 ТПП214–115–400 ТПП214–220–400	0,21 0,06 0,035	2,87	22,8	5,65	5,65	ШЛ6х6,5
ТПП215–40–400 ТПП215–115–400 ТПП215–220–400	0,27 0,1 0,05	2,95	5,8	0,73	0,73	ШЛ8х10
ТПП216–40–400 ТПП216–115–400 ТПП216–220–400	0,27 0,1 0,05	2,78	11,2	0,73	0,73	ШЛ8х10

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IV_K	V, V_K	
ТПП217–40–400 ТПП217–115–400 ТПП217–220–400	0,27 0,1 0,05	2,78	22,5	5,54	5,54	ШЛ8х10
ТПП218–40–400 ТПП218–115–400 ТПП218–220–400	0,31 0,12 0,06	11,4	22,4	5,7	5,7	ШЛ8х12,5
ТПП219–40–400 ТПП219–115–400 ТПП219–220–400	0,31 0,12 0,06	2,75	5,62	1,43	1,43	ШЛ8х12,5
ТПП220–40–400 ТПП220–115–400 ТПП220–220–400	0,31 0,12 0,06	2,75	11,2	2,85	2,85	ШЛ8х12,5
ТПП221–40–400 ТПП221–115–400 ТПП221–220–400	0,31 0,12 0,06	2,75	22,5	0.715	0,715	ШЛ8х12,5
ТПП222–40–400 ТПП222–115–400 ТПП222–220–400	0,31 0,12 0,06	5,62	11,2	1,43	1,43	ШЛ8х12,5
ТПП223–40–400 ТПП223–115–400 ТПП223–220–400	0,31 0,12 0,06	5,62	22,8	5,7	5,7	ШЛ8х12,5
ТПП224–40–400 ТПП224–115–400 ТПП224–220–400	0,45 0,17 0,09	2,83	10,8	0,773	0,773	ШЛ8х16
ТПП225–40–400 ТПП225–115–400 ТПП225–220–400	0,45 0,17 0,09	1,42	2,83	0,258	0,258	ШЛ8х16
ТПП226–40–400 ТПП226–115–400 ТПП226–220–400	0,45 0,17 0,09	2,87	5,67	0,773	0,773	ШЛ8х16
ТПП227–40–400 ТПП227–115–400 ТПП227–220–400	0,45 0,17 0,09	5,4	5,55	1,42	1,42	ШЛ8х16
ТПП228–40–400 ТПП228–115–400 ТПП228–220–400	0,45 0,17 0,09	11,1	21,8	2,83	2,83	ШЛ8х16
ТПП229–40–400 ТПП229–115–400 ТПП229–220–400	0,45 0,17 0,09	21,6	21,8	4,38	4,38	ШЛ8х16
ТПП230–40–400 ТПП230–115–400 ТПП230–220–400	0,45 0,17 0,09	2,7	5,4	0,77	0,77	ШЛ10х12,5
ТПП231–40–400 ТПП231–115–400 ТПП231–220–400	0,41 0,16 0,08	5,27	10,55	1,42	1,42	ШЛ10х20
ТПП232–40–400 ТПП232–115–400 ТПП232–220–400	0,63 0,21 0,12	5,27	21,1	5,27	5,27	ШЛ10х20
ТПП233–40–400 ТПП233–115–400 ТПП233–220–400	0,63 0,21 0,12	2,83	21,3	0,81	0,81	ШЛ10х20
ТПП234–40–400 ТПП234–115–400 ТПП234–220–400	0,63 0,21 0,12	2,83	10,5	2,83	2,83	ШЛ10х20

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, IVк	V, Vк	
ТПП235–40–400 ТПП235–115–400 ТПП235–220–400	0,6 0,2 0,11	1,37	1,37	0,39	0,39	ШЛ12х16
ТПП236–40–400 ТПП236–115–400 ТПП236–220–400	0,6 0,2 0,11	1,37	2,75	0,39	0,39	ШЛ12х16
ТПП237–40–400 ТПП237–115–400 ТПП237–220–400	0,6 0,2 0,11	2,75	2,75	0,39	0,39	ШЛ12х16
ТПП238–40–400 ТПП238–115–400 ТПП238–220–400	0,6 0,2 0,11	2,75	5,3	0,785	0,785	ШЛ12х16
ТПП239–40–400 ТПП239–115–400 ТПП239–220–400	0,6 0,2 0,11	2,75	10,6	0,785	0,785	ШЛ12х16
ТПП246–40–400 ТПП246–115–400 ТПП246–220–400	0,9 0,3 0,15	10,8	21,1	5,4	5,4	ШЛ12х20
ТПП247–40–400 ТПП247–115–400 ТПП247–220–400	0,9 0,3 0,15	1,22	2,7	0,98	0,98	ШЛ12х20
ТПП248–40–400 ТПП248–115–400 ТПП248–220–400	0,9 0,3 0,15	2,7	5,15	1,47	1,47	ШЛ12х20
ТПП249–40–400 ТПП249–115–400 ТПП249–220–400	0,9 0,3 0,15	2,7	10,55	2,44	2,44	ШЛ12х20
ТПП250–40–400 ТПП250–115–400 ТПП250–220–400	0,9 0,3 0,15	2,7	21,1	0,73	0,73	ШЛ12х20
ТПП251–40–400 ТПП251–115–400 ТПП251–220–400	0,9 0,3 0,15	5,4	5,4	1,47	1,47	ШЛ12х20
ТПП252–40–400 ТПП252–115–400 ТПП252–220–400	0,9 0,3 0,15	5,4	10,8	1,47	1,47	ШЛ12х20
ТПП253–40–400 ТПП253–115–400 ТПП253–220–400	0,9 0,3 0,15	5,4	21,1	5,4	5,4	ШЛ12х20
ТПП254–40–400 ТПП254–115–400 ТПП254–220–400	0,9 0,31 0,17	2,74	10,3	0,61	0,61	ШЛ12х25
ТПП255–40–400 ТПП255–115–400 ТПП255–220–400	0,9 0,31 0,17	5,17	20,7	1,52	1,52	ШЛ12х25
ТПП256–40–400 ТПП256–115–400 ТПП256–220–400	0,9 0,31 0,17	2,74	20,7	5,17	5,17	ШЛ12х25
ТПП257–40–400 ТПП257–115–400 ТПП257–220–400	0,9 0,31 0 17	2,74	5,17	0,61	0,61	ШЛ12х25
ТПП259–40–400 ТПП259–115–400 ТПП259–220–400	0,87 0 32 0,17	2,6	20,8	0,78	0,78	ШЛ16х16

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансформатора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначение магнитопровода
		II, II[1]	III, III[1]	IV, $IV_К$	V, $V_К$	
ТПП260–40–400 ТПП260–115–400 ТПП260–220–400	0,87 0,32 0,17	5,2	20,8	5,2	5,2	ШЛ16х16
ТПП261–40–400 ТПП261–115–400 ТПП261–220–400	0,87 0,32 0,17	5,2	10,4	1,3	1,3	ШЛ16х16
ТПП262–40–400 ТПП262–115–400 ТПП262–220–400	0,81 0,32 0,17	10,4	20,8	5,2	5,2	ШЛ16х16
ТПП266–40–400 ТПП266–115–400 ТПП266–220–400	0,82 0,285 0,148	1,39	1,39	0,69	0,69	ШЛ16х25
ТПП268–40–400 ТПП268–115–400 ТПП268–220–400	0,6 0,2 0,11	2,75	21	5,3	5,3	ШЛ12х16
ТПП269–40–400 ТПП269–115–400 ТПП269–220–400	0,6 0,2 0,11	5,3	5,3	1,18	1,18	ШЛ12х16
ТПП270–40–400 ТПП270–115–400 ТПП270–220–400	0,6 0,2 0,11	5,3	10,6	2,75	2,75	ШЛ12х16
ТПП271–40–400 ТПП271–115–400 ТПП271–220–400	0,6 0,2 0,11	5,3	21	1,18	1,18	ШЛ12х16
ТПП272–40–400 ТПП272–115–400 ТПП272–220–400	0,6 0,2 0,11	10,6	21	2,75	2,75	ШЛ12х16
ТПП273–40–400 ТПП273–115–400 ТПП273–220–400	0,6 0,2 0,11	21	21,1	4,3	4,3	ШЛ12х16
ТПП274–40–400 ТПП274–115–400 ТПП274–220–400	0,75 0,27 0,14	1,18	2,65	0,59	0,59	ШЛ16х20
ТПП275–40–400 ТПП275–115–400 ТПП275–220–400	0,75 0,27 0,14	2,65	5,3	0,59	0,59	ШЛ16х20
ТПП276–40–400 ТПП276–115–400 ТПП276–220–400	0,75 0,27 0,14	2,65	10,3	0,59	0,59	ШЛ16х20
ТПП277–40–400 ТПП277–115–400 ТПП277–220–400	0,75 0,27 0,14	2,65	20,6	5,3	5,3	ШЛ16х20
ТПП278–40–400 ТПП278–115–400 ТПП278–220–400	0,75 0,27 0,14	5,3	10,3	2,65	2,65	ШЛ16х20
ТПП279–40–400 ТПП279–115–400 ТПП279–220–400	0,75 0,27 0,14	5,3	20,6	1,47	1,47	ШЛ16х20
ТПП280–40–400 ТПП280–115–400 ТПП280–220–400	0,75 0,27 0,14	10,6	21	2,65	2,65	ШЛ16х20
ТПП281–40–400 ТПП281–115–400 ТПП281–220–400	0,95 0,33 0,18	2,55	10,2	2,55	2,55	ШЛ16х32

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансформатора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначение магнитопровода
		II, II^1	III, III^1	IV, IV$_К$	V, V$_К$	
ТПП282–40–400 ТПП282–115–400 ТПП282–220–400	0,95 0,33 0,18	2,55	20,4	0,85	0,85	ШЛ16x32
ТПП283–40–400 ТПП283–115–400 ТПП283–220–400	0 95 0,33 0,18	5,1	10,2	1,28	1,28	ШЛ16x32
ТПП284–40–400 ТПП284–115–400 ТПП284–220–400	0,95 0,33 0,18	5,1	20,4	5,1	5,1	ШЛ16x32
ТПП285–40–400 ТПП285–115–400 ТПП285–220–400	0,95 0,33 0,18	10,2	10,2	2,55	2,55	ШЛ16x32
ТПП286–40–400 ТПП286–115–400 ТПП286–220–400	0,95 0,33 0,18	10,2	20,4	5,1	5,1	ШЛ16x32
ТПП287–40–400 ТПП287–115–400 ТПП287–220–400	0,95 0,33 0,18	20,4	20,4	4,68	4,68	ШЛ16x32
ТПП301–220–400 ТПП302–220–400 ТПП303–220–400	0,15 0,025 0,025	2,44 59 13,4	–	–	–	ШЛ12x25 ШЛ6x8 ШЛ6x8
ТПП304–220–400 ТПП305–220–400 ТПП306–220–400	0,025 0,05 0,05	1,76 131,8/140 36,6	–	–	–	ШЛ6x8 ШЛ6x10 ШЛ6x10
ТПП307–220–400 ТПП309–220–400 ТПП310–220–400	0,06 0,055 0,055	56 23,7 19,5x2/16,1x2	56,2 56 56,7	56,5 – –	5,07 – –	ШЛ8x8
ТПП311–220–400 ТПП312–220–400 ТПП313–220–400	0,055 0,06 0,06	38,4/40,8/43 35,7 21,9x2/15x2	– – 56,8x2	–	–	ШЛ8x8 ШЛ8x10 ШЛ8x10
ТПП314–220–400 ТПП315–220–400 ТПП316–220–400	0,06 0,08 0,08	15,4x2 23 41,5	55,1 54,5 54,4	–	–	ШЛ8x12,5
ТПП317–220–400 ТПП318–220–400 ТПП319–220–400	0,08 0,1 0,1	16,7x2 23,1 54,7x2/20,9x2	16,7x2 23,1 14,2x2	55,7 53,5 53,8	55,7 53,5 53,8	ШЛ8x12,5 ШЛ8x16 ШЛ8x16
ТПП321–220–400 ТПП322–220–400 ТПП323–220–400	0,1	36,5 12,8x2 18,1x2/14,9x2	– 54 54	–	–	ШЛ10x12,5
ТПП324–220–400 ТПП325–220–400 ТПП326–220–400	0,1 0,12 0,1	24,4 16,1x2 22,4	53,9 16,1x2 53,8	– 53,1 –	– 53,1 –	ШЛ10x12,5 ШЛ10x16 ШЛ10x12,5
ТПП327–220–400 ТПП328–220–400 ТПП329–220–400	0,1 0,12 0,12	32,9 22,3 70,8/74,4/78,2	– 22,3 38,4	– 53,4 29,2	– 53,4 –	ШЛ10x12,5 ШЛ10x16 ШЛ10x16
ТПП330–220–400 ТПП331–220–400 ТПП332–220–400	0,12	16,1 19,4 13,3x2/5,35x2	– 59,4 53,5	– 53,4 –	– 53,4 –	ШЛ10x16
ТПП333–220–400 ТПП334–220–400 ТПП335–220–400	0,11 0,11 0,13	24 14,8x2/5,33x2 15,7x2	53,7 53,6 15,5x2	– – 52,4	– – 52,4	ШЛ12x12,5 ШЛ12x12,5 ШЛ12x16
ТПП336–220–400 ТПП337–220–400 ТПП338–220–400	0,11 0,13 0,13	34,7 18,8 15,7x2	– – 15,7x2	– – 52,3	– – 52,3	ШЛ12x12,5 ШЛ12x16 ШЛ12x20

Продолжение таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топровода
		II, II^1	III, III^1	IV, IV$_К$	V, V$_К$	
ТПП339–220–400	0,13	10,3	13	–	–	ШЛ12х16
ТПП340–220–400	0,16	24	24	52,4	52,4	ШЛ12х20
ТПП341–220–400	0,16	13х2/5,14х2	52	–	–	ШЛ12х20
ТПП342–220–400	0,16	34,4	–			ШЛ12х20
ТПП343–220–400	0,2	13х2/5,11х2	52,5	–	–	ШЛ12х25
ТПП344–220–400	0,18	12/7х2/5,14х2	51,8			ШЛ16х16
ТПП345–220–400	0,25	12,9х2/5,03х2	51,8			ШЛ16х20
ТПП346–220–400	0,4	12,5х2/5,13х2	51,3	–	–	ШЛ16х32
ТПП347–220–400	0,4	13х2/5,06х2	51,8			ШЛ20х20
ТПП348–220–400	0,16	10,4х2/5,18х2	51,9	–	–	ШЛ12х20
ТПП349–220–400	0,1	10,6х2	53	–	–	ШЛ10х12,5
ТПП350–220–400	0,4	23,4	33,6	50,9	50,9	ШЛ20х25
ТПП351–220–400	0,2	22,5	32,6	51,6	51,6	ШЛ16х20
ТПП352–220–400	0,25	74,8	74,8	52	52	ШЛ12х20
ТПП353–220–400	0,2	31,9	–	–	–	ШЛ16х20
ТПП354–220–400	0,1	7,8х2	–	–	–	ШЛ8х16
ТПП355–220–400	0,12	20,8/21,3/21,6	38	29,6	–	ШЛ10х16
ТПП356–220–400	0,1	32,5	19,2	54,2	54,2	ШЛ8х16
ТПП357–220–400	0,1	21,4х2/14х2	54,5х2	–		ШЛ10х12,5
ТПП358–220–400	0,18	32	5,15х2	52,1	–	ШЛ16х16
ТПП359–220–400	0,16	22	5,25х2	52,5		ШЛ16х20
ТПП360–220–400	0,11	22,5	5,4х2	54,4		ШЛ12х16
ТПП361–220–400	0,13	32,7	5,3х2	53,4	–	ШЛ12х16
ТПП362–220–400	0,055	38,3	–	–		ШЛ8х8
ТПП363–220–400	0,08	49,5				ШЛ8х12,5
ТПП364–220–400	0,2	34,4	–	–	–	ШЛ12х25
ТПП365–220–400	0,05	199				ШЛ6х10
ТПП366–220–400	0,06	79,2				ШЛ8х12,5
ТПП367–220–400	0,055	78,4	–	–	–	ШЛ8х8
ТПП368–220–400	0,08	45,2/226				ШЛ8х12,5
ТПП369–220–400	0,07	75,9	76,3	54,6	54,6	ШЛ10х10
ТПП370–220–400	0,08	29,3/30,9/32,4	46,2	30,7	–	ШЛ8х12,5
ТПП371–220–400	0,08	31,5/33/34,6	55,2	–	–	ШЛ8х12,5
ТПП372–220–400	0,1	51,3/54,1/56,9	54,1	–	–	ШЛ8х16
ТПП373–220–400	0,2	13х2/5,22х2	13	51,6	51,6	ШЛ12х25
ТПП374–220–400	0,1	15,4х2	54,3	–	–	ШЛ8х16
ТПП375–220–400	0,11	7,55х2	–	–	–	ШЛ12х12,5
ТПП376–220–400	0,08	78,1	78,4	78,8	–	ШЛ8х12,5
ТПП377–220–400	0,1	18,8х2	33,6	56,8	56,8	ШЛ8х16
ТПП378–220–400	0,12	33	5,25х2	53,2		ШЛ10х16
ТПП379–220–400	0,08	35,7	54,7	–	–	ШЛ8х12,5
ТПП380–220–400	0,055	7,18	–	–		ШЛ6х12,5
ТПП381–220–400	0,055	7,18	–	–	–	ШЛ8х8
ТПП382–220–400	0,08	54,6	15,7х2	55х2	–	ШЛ8х12,5
ТПП383–220–400	0,16	39,5	51,5	39,5	51,5	ШЛ12х20
ТПП384–220–400	0,025	6,58	6,58	–		ШЛ6х8
ТПП385–220–400	0,25	113,1	101,9х2	37,5	–	ШЛ16х16
ТПП386–220–400	0,2	51,6х2	51,6х2	–		ШЛ12х25
ТПП387–220–400	0,2	21,5	5,22х2	52,2		ШЛ12х25
ТПП388–220–400	0,3	33,9	5,21х2	51,3	–	ШЛ16х25
ТПП389–220–400	0,1	32/33,8/33,5	56	–		ШЛ8х16
ТПП390–220–400	0,11	71/74,7/78,4	53,7			ШЛ12х12,5
ТПП391–220–400	0,25	14,4х2/5х2	51,2	–	–	ШЛ16х20
ТПП392–220–400	0,4	14,4х2/5х2	51,4			ШЛ16х32

Окончание таблицы 2.22

Обозначение трансфор-матора	Ток холостого хода, А	Напряжение на выводах вторичной обмотки, В				Обозначе-ние магни-топроаода
		II, II^1	III, III^1	IV, IV$_К$	V, V$_К$	
ТПП393–220–400	0,05	36,7/39,6/42,7	20,6/22,2/23,9			ШЛ8x8
ТПП394–220–400	0,06	26,1	–	–	–	ШЛ8x10
ТПП395–220–400	0,05	41,5	54.8			ШЛ8x8
ТПП396–220–400	0,12	10,7x2/5,25x2	53,5	–	–	ШЛ10x16
ТПП397–220–400	0,13	12,6x2	18,1x2	52,7	52,7	ШЛ10x20
ТПП398–220–400	0.2	34	–	–	–	ШЛ16x16
ТПП399–220–400	0,1	23	54,5	54,5		ШЛ8x16
ТПП400–220–400	0,1	54	15,5x2	54,5	–	ШЛ8x16
ТПП401–220–400	0,12	39,8	53,4	–		ШЛ10x16
ТПП402–220–400	0,11	39,7	52,8	–		ШЛ12x12,5
ТПП403–220–400	0,25	21,4	5,17x2	51,6	–	ШЛ16x20
ТПП404–220–400	–	–	–	–		ШЛ10x20
ТПП405–220–400	0,13	62,6	–			ШЛ10x16
ТПП406–220–400	0,12	38,1	5,87/2,67x2/4,81	–	–	ШЛ6x10
ТПП407–220–400	0,05	47,8	6,85/3,27x2/6,25			ШЛ6x8
ТПП408–220–400	0,025	97,5/115/132/146/172	–	–		ШЛ12x20
ТПП409–220–400	0,16	14,4x2/5,28x2	51,7	51.7	–	ШЛ16x20
ТПП410–220–400	0,32	14,4x2/5,04x2	51,1	–		ШЛ10x10
ТПП411–220–400	0,1	15,2x2	54,6			ШЛ8x12,5
ТПП412–220–400	0,08	18,7x2	54,8	–	–	ШЛ12x25
ТПП413–220–400	0,2	59,5	51,2			ШЛ6x10
ТПП414–220–400	0,05	9,15x2	–	–	–	ШЛ10x20
ТПП415–220–400	0,13	22,2	52,6	39,9	52,6	ШЛ10x20
ТПП416–220–400	0,18	13,2x2/5.15x2	52,4	39.9	52,4	ШЛ16x16
ТПП417–220–400	0,06	27,8/34,8	–	–	–	ШЛ8x16
ТПП418–220–400	0,055	67,4	56	–	–	ШЛ8x16
ТПП419–220–400	0,12	13,8x2	52,6x2	22,1	52,6	ШЛ8x8
ТПП420–220–400	0,16	12,8x2/5x2	13,3x2	51,7	51,7	ШЛ10x16
ТПП421–220–400	0,45	38,1x2/4,92x2	50,4	–	–	ШЛ10x20
ТПП422–220–400	0,2	6,49	277	277	14,3	ШЛ16x16
ТПП423–220–400	0.16	4,96x2	140x2	18,5/21,7	–	ШЛ8x16

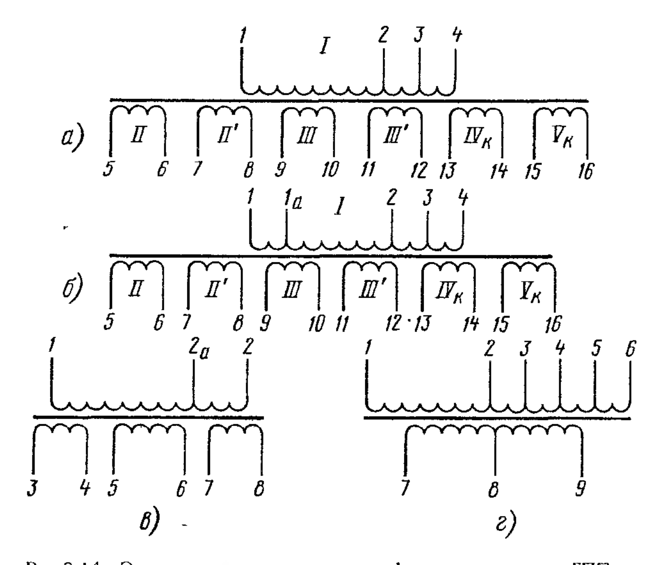


Рис 2 14 Электрические схемы трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц *а, б — напряжение сети подается на выводы 1 и 3 для трансформаторов на магнитопроводах ШЛ6x6,5, ШЛ6x12 5, ШЛ8x10 и выше соответственно*

Электрические схемы

Малогабаритные трансформаторы питания однофазные низковольтные типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц относятся к группе многообмоточных трансформаторов со значительным количеством отводов от первичной обмотки, и имеют до шести вторичных обмоток. При эксплуатации трансформаторов первичные и вторичные обмотки могут быть соединены последовательно или параллельно. Схемы возможных соединений обмоток трансформаторов типа ТПП показаны на рис. 2.8.

Варианты подключения трансформаторов питания однофазных низкочастотных типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц и значения номинальных напряжений на отводах первичной обмотки трансформаторов приведены в табл. 2.23

Принципиальные электрические схемы трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 400 Гц показаны на рис. 2.14.

Таблица 2.23. Подключение трансформаторов типа ТПП к сети переменного тока с частотой 400 Гц

Типономинал трансформатора	Напряжение на отводах, В									
	1—1а	1—2	1—3	1—4	2—3	2—4	2—5	2—6	2—7	3—4
ТПП6 — ТПП10, ТПП12, ТПП19, ТПП15 — ТПП17, ТПП20, ТПП25, ТПП126, ТПП197, ТПП206 — ТПП208, ТПП210 — ТПП214	–	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП31 — ТПП35, ТПП37, ТПП40, ТПП41, ТПП55, ТПП57, ТПП86, ТПП92, ТПП106, ТПП107, ТПП109 — ТПП111, ТПП113, ТПП121, ТПП122, ТПП131, ТПП133, ТПП198, ТПП215 — ТПП223, ТПП235 — ТПП239, ТПП246 — ТПП257, ТПП268 — ТПП287	1,2; 3,5; 6,5	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП52, ТПП58, ТПП59, ТПП62, ТПП63, ТПП69 — ТПП71, ТПП73, ТПП74, ТПП76 — ТПП79, ТПП127, ТПП224 — ТПП230	1,3; 3,5; 6,5	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП87, ТПП89 — ТПП91, ТПП93, ТПП95, ТПП231 — ТПП234	1,3; 3,2; 6,5	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП123 — ТПП125, ТПП134, ТПП136, ТПП259 — ТПП262	1,0; 3,5; 13,0	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП147, ТПП148, ТПП150, ТПП151, ТПП266	1,4; 3,5; 6,2	–	40, 115, 220	–	2,5; 7,0; 13,0	–	–	–	–	2,5; 7,0; 13,0
ТПП158, ТПП163, ТПП164, ТПП166, ТПП167	–	–	115, 220	–	6,9; 13,2	–	–	–	–	6,9; 13,2
ТПП1, ТПП2, ТПП4, ТПП11, ТПП13, ТПП14, ТПП21, ТПП23, ТПП28, ТПП30, ТПП31, ТПП38, ТПП44 — ТПП48, ТПП51, ТПП53, ТПП56, ТПП61, ТПП64, ТПП66 — ТПП68, ТПП72, ТПП80, ТПП81, ТПП83 — ТПП85, ТПП88, ТПП94, ТПП96, ТПП10, ТПП102 — ТПП105, ТПП108, ТПП114 — ТПП116, ТПП118 — ТПП120, ТПП132, ТПП135, ТПП138, ТПП141 — ТПП146, ТПП149, ТПП152, ТПП154, ТПП155, ТПП264	–	–	40, 115, 220	–	2,4; 6,9; 13,2	–	–	–	–	2,4; 6,9; 13,2
ТПП170	–	–	220	–	19,8	–	–	–	–	13,2
ТПП196	–	–	220	–	13,2	–	–	–	–	13,2
ТПП179, ТПП180	–	220	–	20	–	–	–	–	–	20
ТПП181, ТПП182, ТПП183	–	–	–	115	–	6,9	–	3,5	–	3,5
ТПП184	–	–	220	–	20	–	30	–	–	12,5
ТПП301	–	206,5	220	233,5	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 2.23

Типономинал трансформатора	Напряжение на отводах, В									
	I—I_a	I—2	I—3	I—4	2—3	2—4	2—5	2—6	2—7	3—4
ТПП302, ТПП307, ТПП309 — ТПП311, ТПП313, ТПП314, ТПП316 — ТПП319, ТПП322 — ТПП326 ТПП329, ТПП331 — ТПП335, ТПП338, ТПП340, ТПП341, ТПП343 — ТПП352, ТПП356 — ТПП361, ТПП369 — ТПП373, ТПП376 — ТПП379, ТПП382 — ТПП393, ТПП395 — ТПП397, ТПП399 — ТПП403, ТПП408 — ТПП413, ТПП415, ТПП416, ТПП418 — ТПП423	–	209	220	231	–	–	–	–	–	–
ТПП339	–	211	213	215,5	–	–	–	220	–	229
ТПП355	–	5,24	–	–	5,24	209	220	230	–	–
ТПП315	–	209	220	231	–	–	–	198	–	–
ТПП328	–	209	220	231	–	–	198	–	–	–
ТПП374	–	209	220	231	–	–	–	–	198	–
ТПП380	–	2,27	–	–	2,27	209	214	220	225	242
ТПП381	–	2,21	–	–	2,21	209	214	220	226	–
ТПП303, ТПП304	–	5,52	–	–	5,52	198	209	220	231	242
ТПП305, ТПП306	–	5,48	–	–	5,48	198	209	220	231	–
ТПП330, ТПП312	–	5,4	–	–	5,4	198	209	220	231	–
ТПП321, ТПП327	–	5,53	–	–	5,53	198	209	220	231	242
ТПП336	–	5,5	–	–	5,5	198	209	220	231	–
ТПП337	–	5,36	–	–	5,36	198	209	220	231	–
ТПП342	–	5,46	–	–	5,46	198	209	220	231	–
ТПП353	–	5,21	–	–	5,21	198	209	220	231	–
ТПП354	–	5,31	–	–	5,31	198	209	220	231	–
ТПП362	–	5,42	–	–	5,42	198	209	220	231	–
ТПП363	–	5,46	–	–	5,46	198	209	220	231	242
ТПП364	–	5,29	–	–	5,29	198	209	220	231	242

Окончание таблицы 2.23

Типономинал трансформатора	Напряжение на отводах, В									
	$1-1_a$	1—2	1—3	1—4	2—3	2—4	2—5	2—6	2—7	3—4
ТПП365	–	5,52	–	–	5,52	198	209	220	231	242
ТПП366	–	5,37	–	–	5,37	198	209	220	231	242
ТПП367	–	5,47	–	–	5,47	198	209	220	231	242
ТПП368	–	5,48	–	–	5,48	198	209	220	231	242
ТПП375	–	5,58	–	–	5,58	198	209	220	231	242
ТПП394	–	5,47	–	–	5,47	198,4	209,2	220	230,7	–
ТПП398	–	5,57	–	–	5,57	197,7	208,9	220	231,1	–
ТПП404	–	5,68	–	–	5,68	198	209	220	231	242
ТПП405	–	5,69	–	–	5,69	198	209	220	231	242
ТПП406	–	5,35	–	–	5,35	198	209	220	231	242
ТПП407	–	5,57	–	–	5,57	198	209	220	231	242
ТПП414	–	5,49	–	–	5,49	198	209	220	231	242
ТПП417	–	5,51	–	–	5,51	198	209	220	231	242

2.4. Трансформаторы типа ТП с частотой питающей сети 1 000 Гц

Малогабаритные низковольтные трансформаторы питания типа ТП предназначены для работы в условиях умеренно холодного климата при температуре окружающей среды – 60...+ 85 °С и относительной влажности воздуха до 98% при температуре + 40 °С. Трансформаторы типа ТП применяются в устройствах электропитания РЭА, АСС и приборов для питания функциональных узлов и блоков, изготавливаемых на ППП и микросхемах с применением схем печатного монтажа. Трансформаторы типа ТП (на броневых магнитопроводах) имеют мощность 5. 200 В А, и рассчитаны на напряжение питающей сети переменного тока 20 х 2,40 и 115 В и частоту 1 000 Гц.

Конструкция и размеры

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов питания типа ТП показаны на рис. 2.15. При изготовлении трансформаторов используются броневые магнитопроводы стандартизованного ряда, типов ШЛ и ШЛО. Перечень, применяемых магнитопроводов приведен в табл. 2.24.

Конструкция трансформаторов и современная технология их изготовления обеспечивают прочность и надежную работу при механических и климатических воздейст-

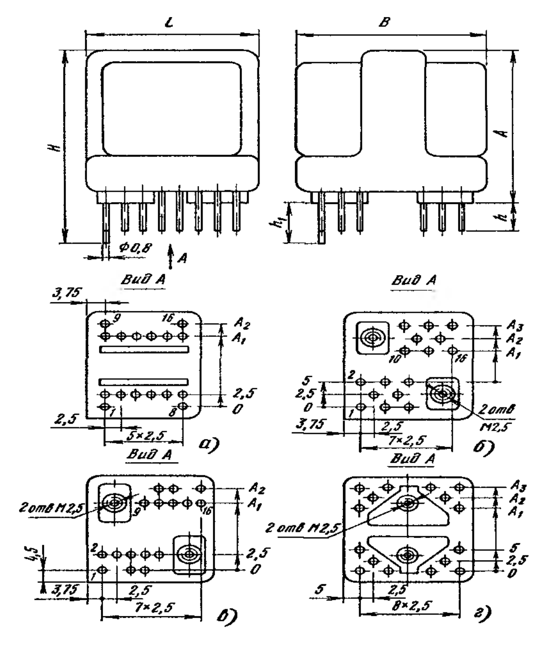


Рис 2 15 Общий вид и габаритные размеры трансформаторов типа ТП с частотой питающей сети 1 000 Гц

виях, рассмотренных в первой главе справочника. Она способна сохранять работоспособность при повышенной влажности и во всех случаях температурных воздействий, обеспечивать необходимый запас прочности изоляции обмоток. Основные конструктивные размеры трансформаторов типа ТП приведены в табл. 2.24.

Таблица 2.24. Конструктивные размеры трансформаторов типа ТП с частотой питающей сети 1 000 Гц

Обозначение магнитопровода	№ рисунка	Размер, мм									Масса, не более, г
		A	A_1	A_2	A_3	H	L	B	h	h_1	
ШЛ4х6,5	2.15, а	23	15	17,5	–	32,8	21	26	6,5	9,8	20
ШЛО4х6,5	2.15, б	27,5	15	17,5	20	37	25	29	6,2	9,5	30
ШЛО4х6,5	2.15, в	27,5	17,5	20	–	37	25	29	6,5	9,8	30
ШЛО5х6,5	2.15, г	29	17,5	20	22,5	38,5	30	33	6,2	9,5	50
ШЛО5х10	2.15, г	29	22,5	25	27,5	38,5	30	36	6,2	9,5	65

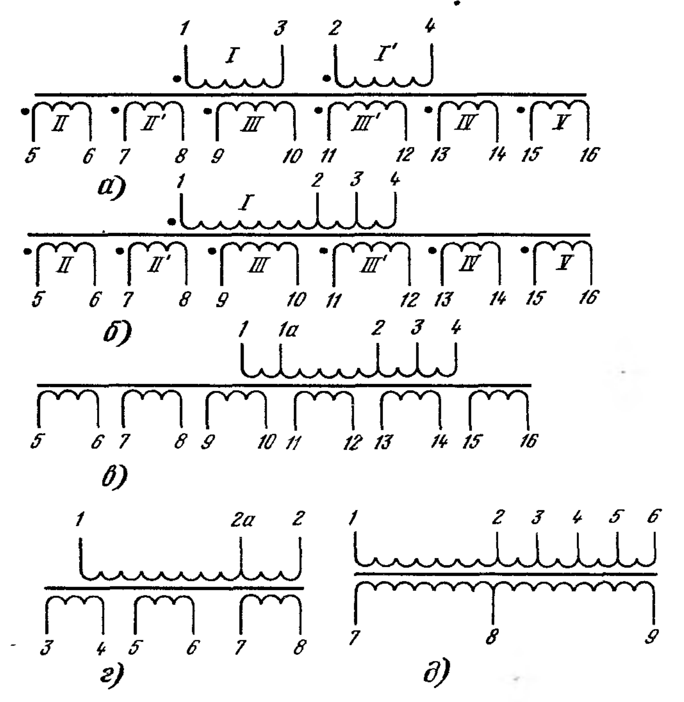


Рис 2.16. Электрические схемы трансформаторов типа ТП и ТПП с частотой питающей сети 400 и 1 000 Гц: *а — тип ТП с двумя первичными обмотками (напряжение сети подается на выводы 1–3 и 2–4); б — тип ТП, ТПП (напряжение сети подается на выводы 1 и 3); в — тип ТПП (напряжение сети подается на выводы 1 и 3); г — ТПП180–220–400 (напряжение сети подается на выводы 1 и 2); д — ТПП182–115–400 (напряжение сети подается на выводы 1 и 4)*

Трансформаторам типа ТП присвоены условные обозначения, которые применяются при разработке конструкторской документации и при заказе заводу–изготовителю. В условное обозначение трансформатора входит его сокращенное обозначение и обозначение ГОСТ или ТУ, по которым производится их поставка потребителю. Пример записи малогабаритного трансформатора типа ТП для схем печатного монтажа в конструкторской документации — «Трансформатор ТП86–20–1000Т».

Принципиальные электрические схемы трансформаторов типа ТП показаны на рис. 2.16.

При монтаже трансформаторы устанавливаются в гнезда печатных плат, изготовленных с шагом сетки 2,5 мм. Предельные отклонения установочных размеров и зазора между осями базового вывода и других выводов трансформатора, показанных на рис. 2.14 составляют ± 0,05 мм. Базовый вывод трансформатора обозначен цифрой «0».

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТП с частотой питающей сети 1 000 Гц

Температура окружающей среды:

повышенная рабочая	+ 85 °С
пониженная рабочая	– 60 °С
повышенная предельная рабочая	+ 100 °С
пониженная предельная рабочая	– 60 °С
Циклическое многократное воздействие температур	– 60...+ 140 °С

Относительная влажность воздуха при температуре + 35 °С, не более	93%
Транспортировка при температуре, не ниже	– 60 °С
Атмосферное давление воздуха или давление другого газа:	
пониженное	4,4 кПа (33 мм рт. ст.)
повышенное	106,7 кПа (800 мм рт. ст.)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...5 000 Гц с ускорением, не более	392,4 м/с^2 (40g)
Многократные удары длительностью 2 ..5 мс и частотой 20...40 мин$^{-1}$ с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 5 10 мс с ускорением, не более	9 810 м/с^2 (1000g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Воздействие морского тумана, плесневых грибов, росы	10 ч в сутки

Основные параметры

Технические характеристики и основные параметры трансформаторов питания для схем печатного монтажа типа ТП, рассчитанных на частоту питающей сети 1 000 Гц в режиме номинальной нагрузки приведены в табл. 2 25. Электрические параметры трансформаторов в режиме холостого хода приведены в табл. 2.26. Сопротивление изоляции между обмотками трансформатора в нормальных климатических условиях составляет 100 МОм. Сопротивление изоляции между обмотками и корпусом составляет 20 МОм. При кратковременном воздействии повышенной влажности сопротивление изоляции снижается до 10 МОм, а при длительном воздействии — до 1 МОм. Без обрывов в обмотках и изменения тока холостого хода трансформаторы выдерживают многократное циклическое воздействие пониженной и повышенной температур, с учетом перегрева обмоток.

Минимальное значение вероятности безотказной и высоконадежной работы трансформаторов в течение 1 000 ч при достоверности равной 0,9 обеспечивается в пределах 0,997...0,999.

Электропитание трансформаторов от первичной сети переменного тока напряжением 20 х 2,40 и 115 В осуществляется при колебаниях напряжения и частоты в пределах ± 5% Допускается эксплуатация трансформаторов с номинальным напряжением 40 В от сети 37,6...42,4 В и с номинальным напряжением 115 В от сети 108. .122 В при подаче напряжения на соответствующие отводы и клеммы. Устойчивая работа трансформаторов обеспечивается при изменении частоты питающей сети в пределах 950 5 000 Гц. Напряжение питающей сети подается на выводы «1» и «2» или «1» и «4» трансформатора При нормальных условиях эксплуатации трансформатор имеет долговечность не менее 10 000 ч.

Таблица 2.25. Электрические параметры трансформаторов питания типа ТП для схем печатного монтажа в режиме номинальной нагрузки

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II^1	III, III^1	IV, V
ТП26-20-1000Т ТП26-40-1000Т	4	0,24 0,16	0,8	1	1,25	0,25
ТП27-20-1000Т ТП27-40-1000Т		0,24 0,16	0,5	1,5	2	0,5
ТП28-20-1000Т ТП28-40-1000Т		0,24 0,16	0,32	2,5	31,5	0,65
ТП29-20-1000Т ТП29-40-1000Т		0,24 0,16	0,23	2,5	5	1
ТП30-20-1000Т ТП30-40-1000Т		0,24 0,16	0,17	4	6,3	1,2
ТП31-20-1000Т ТП31-40-1000Т		0,24 0,16	0,12	6,3	9	1,4

Продолжение таблицы 2.25

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП32–20–1000Т ТП32–40–1000Т	4	0,24 0,16	0,13	4	10	1
ТП33–20–1000Т ТП33–40–1000Т		0,24 0,16	0,1	8	10	1
ТП34–20–1000Т ТП34–40–1000Т		0,24 0,16	0,097	6,3	12,6	0,097
ТП35–20–1000Т ТП35–40–1000Т		0,24 0,16	0,08	11	12,6	1,4
ТП36–20–1000Т ТП36–40–1000Т		0,24 0,16	0,1	4	14	0,1
ТП37–20–1000Т ТП37–40–1000Т		0,24 0,16	0,081	9	14	1,6
ТП38–20–1000Т ТП38–40–1000Т		0,24 0,16	0,081	7,1	16	1,6
ТП39–20–1000Т ТП39–40–1000Т		0,24 0,16	0,06	12,6	16	1,8
ТП40–20–1000Т ТП40–40–1000Т		0,24 0,16	0,08	5	18	1,4
ТП41–20–1000Т ТП41–40–1000Т		0,24 0,16	0,07	10	18	1,6
ТП42–20–1000Т ТП42–40–1000Т		0,24 0,16	0,08	3,15	20	1,6
ТП43–20–1000Т ТП43–40–1000Т		0,24 0,16	0,07	8	20	1,6
ТП44–20–1000Т ТП44–40–1000Т		0,24 0,16	0,05	16	20	2
ТП45–20–1000Т ТП45–40–1000Т		0,24 0,16	0,05	10	24	2
ТП46–20–1000Т ТП46–40–1000Т		0,24 0,16	0,05	14	24	2
ТП47–20–1000Т ТП47–40–1000Т		0,24 0,16	0,05	63	27	3,15
ТП48–20–1000Т ТП48–40–1000Т		0,24 0,16	0,04	22,5	27	3,15
ТП49–20–1000Т ТП49–40–1000Т		0,24 0,16	0,04	22,5	27	3,15
ТП50–20–1000Т ТП50–40–1000Т		0,24 0,16	0,045	8	31,5	1,6
ТП76–20–1000Т ТП76–40–1000Т	8	0,48 0,25	0,16	1	1,25	0,25
ТП77–20–1000Т ТП77–40–1000Т		0,48 0,25	1	1,5	2	0,5
ТП78–20–1000Т ТП78–40–1000Т		0,48 0,25	0,63	2,5	3,15	0,65
ТП79–20–1000Т ТП79–40–1000Т		0,48 0,25	0,47	2,5	5	1
ТП80–20–1000Т ТП80–40–1000Т		0,48 0,25	0,35	4	6,3	1,2
ТП81–20–1000Т ТП81–40–1000Т		0,48 0,25	0,24	6,3	9	1,4
ТП82–20–1000Т ТП82–40–1000Т		0,48 0,25	0,26	4	10	1
ТП83–20–1000Т ТП83–40–1000Т		0,48 0,25	0,21	8	10	1

Продолжение таблицы 2.25

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП84–20–1000Т ТП84–40–1000Т	8	0,48 0,25	0,19	6,3	12,6	1,6
ТП85–20–1000Т ТП85–40–1000Т		0,48 0,25	0,16	11	12,6	1,4
ТП86–20–1000Т ТП86–40–1000Т		0,48 0,25	0,2	4	14	1,6
ТП87–20–1000Т ТП87–40–1000Т		0,48 0,25	0,16	9	14	1,6
ТП88–20–1000Т ТП88–40–1000Т		0,48 0,25	0,16	7,1	16	1,6
ТП89–20–1000Т ТП89–40–1000Т		0,48 0,25	0,13	12,6	16	1,8
ТП90–20–1000Т ТП90–40–1000Т		0,48 0,25	0,16	5	18	1,4
ТП91–20–1000Т ТП91–40–1000Т		0,48 0,25	0,13	10	18	1,6
ТП92–20–1000Т ТП92–40–1000Т		0,48 0,25	0,16	3,15	20	1,6
ТП93–20–1000Т ТП93–40–1000Т		0,48 0,25	0,13	8	20	1,6
ТП94–20–1000Т ТП94–40–1000Т		0,48 0,25	0,1	16	20	2
ТП95–20–1000Т ТП95–40–1000Т		0,48 0,25	0,11	10	24	2
ТП96–20–1000Т ТП96–40–1000Т		0,48 0,25	0 1	14	24	2
ТП97–20–1000Т ТП97–40–1000Т		0,48 0,25	0,11	6,3	27	3,15
ТП98–20–1000Т ТП98–40–1000Т		0,48 0,25	0,07	22,5	27	3,15
ТП99–20–1000Т ТП99–40–1000Т		0,48 0,25	0,1	8	31,5	1,6
ТП100–20–1000Т ТП100–40–1000Т		0,48 0,25	0,08	18	31,5	2,5
ТП126–20–1000Т ТП126–40–1000Т ТП126–115–1000Т	16	0,88 0,44 0,15	3,2	1	1,25	0,25
ТП127–20–1000Т ТП127–40–1000Т ТП127–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	2	2	1,5	2
ТП128–20–1000Т ТП128–40–1000Т ТП128–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	1,27	2,5	3,15	0,65
ТП129–20–1000Т ТП129–40–1000Т ТП129–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,94	5	2,5	1,2
ТП130–20–1000Т ТП130–40–1000Т ТП130–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,48	6,3	4	1,4
ТП131–20–1000Т ТП131–40–1000Т ТП131–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,48	6,3	9	1

Продолжение таблицы 2.25

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II^1	III, III^1	IV, V
ТП132–20–1000Т ТП132–40–1000Т ТП132–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,53	4	10	1
ТП133–20–1000Т ТП133–40–1000Т ТП133–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,42	8	10	1,6
ТП134–20–1000Т ТП134–40–1000Т ТП134–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,39	12,6	6,3	1,4
ТП135–20–1000Т ТП135–40–1000Т ТП135–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,32	11	12,6	1,6
ТП136–20–1000Т ТП136–40–1000Т ТП136–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,41	14	4	1,6
ТП137–20–1000Т ТП137–40–1000Т ТП137–115–1000Т	16	0,88 0,44 0,15	0,32	14	9	1,6
ТП138–20–1000Т ТП138–40–1000Т ТП138–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,32	16	7,1	1,6
ТП139–20–1000Т ТП139–40–1000Т ТП139–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,26	12,6	16	1,8
ТП140–20–1000Т ТП140–40–1000Т ТП140–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,33	5	18	1,4
ТП141–20–1000Т ТП141–40–1000Т ТП141–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,27	18	10	1,6
ТП142–20–1000Т ТП142–40–1000Т ТП142–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,32	3,15	20	1,6
ТП143–20–1000Т ТП143–40–1000Т ТП143–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,27	20	8	1,6
ТП144–20–1000Т ТП144–40–1000Т ТП144–115–1000Т	16	0,88 0,44 0,15	0,21	20	16	2
ТП145–20–1000Т ТП145–40–1000Т ТП145–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,22	24	10	2
ТП146–20–1000Т ТП146–40–1000Т ТП146–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,2	14	24	2
ТП147–20–1000Т ТП147–40–1000Т ТП147–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,22	6,3	27	3,15
ТП148–20–1000Т ТП148–40–1000Т ТП148–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,15	22,5	27	3,15
ТП149–20–1000Т ТП149–40–1000Т ТП149–115–1000Т		0,88 0,44 0,15	0,19	8	31,5	1,6

Продолжение таблицы 2.25

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП150–20–1000Т ТП150–40–1000Т ТП150–115–1000Т	16	0,88 0,44 0,15	0,15	18	31,5	2,3
ТП175–20–1000Т ТП175–40–1000Т ТП175–115–1000Т	25	1,4 0,71 0,26	3,13	1,5	2	0,5
ТП176–20–1000Т ТП176–40–1000Т ТП176–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	1,98	2,5	3,15	0,65
ТП177–20–1000Т ТП177–40–1000Т ТП177–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	1,47	2,5	5	1
ТП178–20–1000Т ТП178–40–1000Т ТП178–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	1,08	4	6,3	1,2
ТП179–20–1000Т ТП179–40–1000Т ТП179–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,75	6,3	9	1,4
ТП180–20–1000Т ТП180–40–1000Т ТП180–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,83	4	10	1
ТП181–20–1000Т ТП181–40–1000Т ТП181–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,66	8	10	1
ТП182–20–1000Т ТП182–40–1000Т ТП182–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,61	6,3	12,6	1,6
ТП183–20–1000Т ТП183–40–1000Т ТП183–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,5	11	12,6	1,4
ТП184–20–1000Т ТП184–40–1000Т ТП184–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,64	4	14	1,6
ТП185–20–1000Т ТП185–40–1000Т ТП185–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,51	9	14	1,6
ТП186–20–1000Т ТП186–40–1000Т ТП186–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,5	7,1	16	1,6
ТП187–20–1000Т ТП187–40–1000Т ТП187–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,41	12,6	16	1,8
ТП188–20–1000Т ТП188–40–1000Т ТП188–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,51	5	18	1,4
ТП189–20–1000Т ТП189–40–1000Т ТП189–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,42	10	18	1,6
ТП190–20–1000Т ТП190–40–1000Т ТП190–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,5	3,15	20	1,6
ТП191–20–1000Т ТП191–40–1000Т ТП191–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,42	8	20	1,6

Окончание таблицы 2.25

Типономинал трансформатора	Мощность, В · А	Ток обмотки, А		Напряжение вторичной обмотки, В		
		первичной	вторичной	II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП192–20–1000Т ТП192–40–1000Т ТП192–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,33	16	20	2
ТП193–20–1000Т ТП193–40–1000Т ТП193–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,35	10	24	2
ТП194–20–1000Т ТП194–40–1000Т ТП194–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,31	14	24	2
ТП195–20–1000Т ТП195–40–1000Т ТП195–115–1000Т	25	1,4 0,71 0,26	0,34	6,3	27	3,15
ТП196–20–1000Т ТП196–40–1000Т ТП196–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,24	22,5	27	3,15
ТП197–20–1000Т ТП197–40–1000Т ТП197–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,34	8	31,5	1,6
ТП198–20–1000Т ТП198–40–1000Т ТП198–115–1000Т		1,4 0,71 0,26	0,2	18	31,5	2,5

Таблица 2.26. Электрические параметры трансформаторов питания типа ТП для схем печатного монтажа в режиме холостого хода

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП26–20–1000Т ТП26–40–1000Т	0,3 0,15	1	1,27	0,284
ТП27–20–1000Т ТП27–40–1000Т	0,3 0,15	1,56	2,13	0,56
ТП28–20–1000Т ТП28–40–1000Т	0,3 0,15	3	3,8	0,71
ТП29–20–1000Т ТП29–40–1000Т	0,3 0,15	2,68	5,36	1,12
ТП30–20–1000Т ТП30–40–1000Т	0,3 0,15	4,23	6,76	1,28
ТП31–20–1000Т ТП31–40–1000Т	0 3 0,15	6,8	9 7	1,56
ТП32–20–1000Т ТП32–40–1000Т	0,3 0,15	4,25	11,7	1,12
ТП33–20–1000Т ТП33–40–1000Т	0,3 0,15	8,45	10,9	1,12
ТП34–20–1000Т ТП34–40–1000Т	0,3 0,15	7,2	14,5	1,75
ТП35–20–1000Т ТП35–40–1000Т	0,3 0,15	11,7	13,5	1,56
ТП36–20–1000Т ТП36–40–1000Т	0,3 0,15	4,22	14,9	1,7
ТП37–20–1000Т ТП37–40–1000Т	0,3 0,15	9,6	16	1,7

Продолжение таблицы 2.26

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП38–20–1000Т ТП38–40–1000Т	0,3 0,15	7,5	17.1	1,84
ТП39–20–1000Т ТП39–40–1000Т	0,3 0,15	13,4	17,2	1,99
ТП40–20–1000Т ТП40–40–1000Т	0,3 0,15	5,23	19,2	1,57
ТП41–20–1000Т ТП41–40–1000Т	0,3 0,15	10,6	19,3	1,69
ТП42–20–1000Т ТП42–40–1000Т	0,3 0,15	3,24	21,4	1,69
ТП43–20–1000Т ТП43–40–1000Т	0,3 0,15	8,45	21,4	1,69
ТП44–20–1000Т ТП44–40–1000Т	0,3 0,15	16,9	21,3	2,12
ТП45–20–1000Т ТП45–40–1000Т	0,3 0,15	10,6	25,6	2,11
ТП46–20–1000Т ТП46–40–1000Т	0,3 0,15	14,75	25,6	2,11
ТП47–20–1000Т ТП47–40–1000Т	0,3 0,15	6,63	28,8	3,36
ТП48–20–1000Т ТП48–40–1000Т	0,3 0,15	23,7	28,8	3,38
ТП49–20–1000Т ТП49–40–1000Т	0,3 0,15	8,45	33,4	1,7
ТП50–20–1000Т ТП50–40–1000Т	0,3 0,15	18,6	33,6	2,7
ТП76–20–1000Т ТП76–40–1000Т	0,34 0,17	1,1	1,37	0,274
ТП77–20–1000Т ТП77–40–1000Т	0,34 0,17	1,64	2,06	0,548
ТП78–20–1000Т ТП78–40–1000Т	0,34 0,17	2,62	3,45	0,685
ТП79–20–1000Т ТП79–40–1000Т	0,34 0,17	2,62	5,5	1,1
ТП80–20–1000Т ТП80–40–1000Т	0,34 0,17	4,4	7,03	1,24
ТП81–20–1000Т ТП81–40–1000Т	0,34 0,17	6,78	9,66	1,51
ТП82–20–1000Т ТП82–40–1000Т	0,34 0,17	4,28	10,9	1,1
ТП83–20–1000Т ТП83–40–1000Т	0,34 0,17	8,7	10,9	1,1
ТП84–20–1000Т ТП84–40–1000Т	0,34 0,17	7,1	14,4	1,9
ТП85–20–1000Т ТП85–40–1000Т	0 34 0,17	11,9	13,8	1,53
ТП86–20–1000Т ТП86–40–1000Т	0,34 0,17	4,28	15,9	1,8

Продолжение таблицы 2.26

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II[1]	III, III[1]	IV, V
ТП87–20–1000Т ТП87–40–1000Т	0,34 0,17	9,8	16	1,78
ТП88–20–1000Т ТП88–40–1000Т	0,34 0,17	7,6	17,3	1,8
ТП89–20–1000Т ТП89–40–1000Т	0,34 0,17	13,4	17,3	1,8
ТП90–20–1000Т ТП90–40–1000Т	0,34 0,17	5,4	19,7	1,51
ТП91–20–1000Т ТП91–40–1000Т	0,34 0,17	10,8	19,6	1,79
ТП92–20–1000Т ТП92–40–1000Т	0,34 0,17	3,45	21,8	1,79
ТП93–20–1000Т ТП93–40–1000Т	0,34 0	8,55	21,8	1,79
ТП94–20–1000Т ТП94–40–1000Т	0,34 0,17	17,1	21,7	2,21
ТП95–20–1000Т ТП95–40–1000Т	0,34 0,17	10,8	26,1	2,2
ТП96–20–1000Т ТП96–40–1000Т	0,34 0,17	15	26,2	2,2
ТП97–20–1000Т ТП97–40–1000Т	0,34 0,17	6,84	29,5	3,44
ТП98–20–1000Т ТП98–40–1000Т	0,34 0,17	24,5	29,7	3,57
ТП99–20–1000Т ТП99–40–1000Т	0,34 0,17	8,56	34,2	2,75
ТП100–20–1000Т ТП100–40–1000Т	0,34 0,17	19,5	34,6	2,75
ТП126–20–1000Т ТП126–40–1000Т ТП126–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	1,03	1,37	0,34
ТП127–20–1000Т ТП127–40–1000Т ТП127–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	2,06	1,55	0,513
ТП128–20–1000Т ТП128–40–1000Т ТП128–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	2,58	3,42	0,69
ТП129–20–1000Т ТП129–40–1000Т ТП129–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	5,25	2,58	1,23
ТП130–20–1000Т ТП130–40–1000Т ТП130–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	6,67	4,28	1,6
ТП131–20–1000Т ТП131–40–1000Т ТП131–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	6,6	9,56	1,54
ТП132–20–1000Т ТП132–40–1000Т ТП132–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	4,27	10,5	1,03
ТП133–20–1000Т ТП133–40–1000Т ТП133–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	8,45	10,6	1,93

Продолжение таблицы 2.26

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II[1]	III, III[1]	IV. V
ТП134–20–1000Т ТП134–40–1000Т ТП134–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	13,5	6,8	1,72
ТП135–20–1000Т ТП135–40–1000Т ТП135–115–1000Т	0 4 0,2 0,07	11,7	13,5	1,94
ТП136–20–1000Т ТП136–40–1000Т ТП136–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	14,8	4,27	1,71
ТП137–20–1000Т ТП137–40–1000Т ТП137–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	14,9	9,65	1,71
ТП138–20–1000Т ТП138–40–1000Т ТП138–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	17	7,5	1,71
ТП139–20–1000Т ТП139–40–1000Т ТП139–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	13,3	19,2	1,94
ТП140–20–1000Т ТП140–40–1000Т ТП140–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	5,3	19,2	1,54
ТП141–20–1000Т ТП141–40–1000Т ТП141–115–1000Т	0 4 0,2 0,07	19,1	10,75	1,71
ТП142–20–1000Т ТП142–40–1000Т ТП142–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	3,45	21 5	1,71
ТП143–20–1000Т ТП143–40–1000Т ТП143–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	21,4	8,7	1,71
ТП144–20–1000Т ТП144–40–1000Т ТП144–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	21,3	17,2	2,32
ТП145–20–1000Т ТП145–40–1000Т ТП145–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	25,6	10,8	2,22
ТП146–20–1000Т ТП146–40–1000Т ТП146–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	14,4	25,2	2,05
ТП147–20–1000Т ТП147–40–1000Т ТП147–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	6,5	28,3	3,25
ТП148–20–1000Т ТП148–40–1000Т ТП148–115–1000Т	0,4 0,2 0,07	23,5	28,5	3,26
ТП149–20–1000Т ТП149–40–1000Т ТП149–115–1000Т	0 4 0,2 0,07	8,4	33,1	1,71
ТП150–20–1000Т ТП150–40–1000Т ТП150–115–1000Т	0,4 0,2 0 07	18 8	33,2	2,57
ТП175–20–1000Т ТП175–40–1000Т ТП175–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	1,59	2,13	0,53

Продолжение таблицы 2.26

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II^1	III, III^1	IV, V
ТП176–20–1000Т ТП176–40–1000Т ТП176–115–1000Т	0 46 0,23 0,08	2,64	3,46	0,79
ТП177–20–1000Т ТП177–40–1000Т ТП177–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	2,64	5,27	1,06
ТП178–20–1000Т ТП178–40–1000Т ТП178–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	4 22	6,6	1,33
ТП179–20–1000Т ТП179–40–1000Т ТП179–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	6,6	9,5	1,6
ТП180–20–1000Т ТП180–40–1000Т ТП180–115–1000Т	0 46 0,23 0,08	4,23	10,6	1,05
ТП181–20–1000Т ТП181–40–1000Т ТП181–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	8,45	10,55	1,06
ТП182–20–1000Т ТП182–40–1000Т ТП182–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	6,6	13,4	1,63
ТП183–20–1000Т ТП183–40–1000Т ТП183–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	11,6	13,4	1,66
ТП184–20–1000Т ТП184–40–1000Т ТП184–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	4,22	14,8	1,66
ТП185–20–1000Т ТП185–40–1000Т ТП185–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	9,5	14,8	1,66
ТП186–20–1000Т ТП186–40–1000Т ТП186–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	7,4	16,7	1,66
ТП187–20–1000Т ТП187–40–1000Т ТП187–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	13,2	16 9	1,85
ТП188–20–1000Т ТП188–40–1000Т ТП188–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	5,28	18,7	1,6
ТП189–20–1000Т ТП189–40–1000Т ТП189–115–1000Т	0,46 0 23 0,08	10,55	19	1,66
ТП190–20–1000Т ТП190–40–1000Т ТП190–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	3,17	20,9	1,66
ТП191–20–1000Т ТП191–40–1000Т ТП191–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	8,2	21,1	1,66
ТП192–20–1000Т ТП192–40–1000Т ТП192–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	16,7	21,1	2,1
ТП193–20–1000Т ТП193–40–1000Т ТП193–115–1000Т	0,46 0,23 0,08	10,55	25,4	2,1

Окончание таблицы 2.26

Типономинал трансформатора	Ток вторичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В		
		II, II^1	III, III^1	IV, V
ТП194-20-1000Т ТП194-40-1000Т ТП194-115-1000Т	0,46 0,23 0,08	14	24	2
ТП195-20-1000Т ТП195-40-1000Т ТП195-115-1000Т	0,46 0,23 0,08	6,3	27	3,15
ТП196-20-1000Т ТП196-40-1000Т ТП196-115-1000Т	0,46 0,23 0,08	22,5	27	3,15
ТП197-20-1000Т ТП197-40-1000Т ТП197-115-1000Т	0,46 0,23 0,08	8	31,5	1,6
ТП198-20-1000Т ТП198-40-1000Т ТП198-115-1000Т	0,46 0,23 0,08	18	31,5	2,5

2.5. Трансформаторы питания сетевые типа «Мультек»

Трансформаторы питания сетевые типа «Мультек» предназначены для использования в радиоэлектронной бытовой и офисной аппаратуре разнообразного назначения. Применяются трансформаторы для питания электронных схем различных функциональных узлов и блоков РЭА и АСС, изготавливаемых на ППП и микросхемах. Трансформаторы «Мультек» предназначены для работы в условиях умеренного климата при температуре окружающей среды ± 60 °С, относительной влажности до 98% при температуре + 40 °С Трансформаторы рассчитаны на подключение к сети переменного тока напряжением 110 и 220 В и частотой 50. .60 Гц.

Конструкция и размеры

Изготавливается порядка 17 разновидностей трансформаторов «Мультек» влагозащитных конструкций на броневых магнитопроводах с одной катушкой Конструктивные размеры и массогабаритные характери-

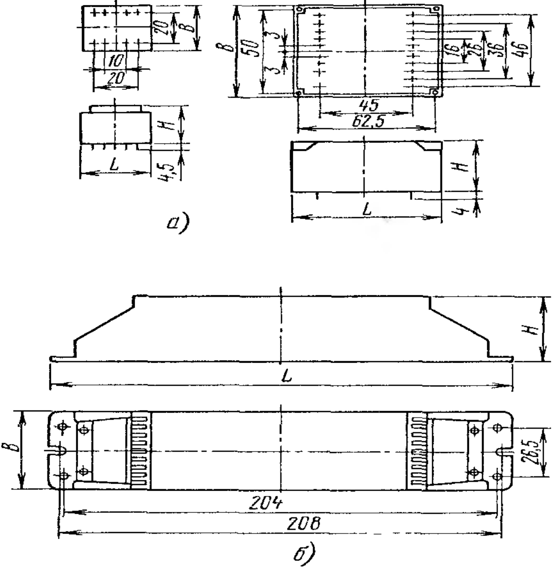


Рис 2 17 Общий вид и установочные размеры трансформаторов типа «Мультек» *а — для типономиналов 671111 010, 671111 015, 671111 001 и 671111 006; б — для типономинала 671111 017*

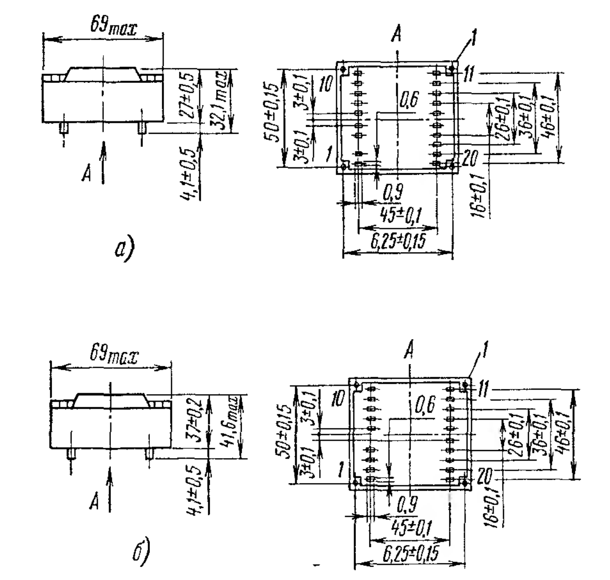


Рис 2 18 Общий вид и установочные размеры трансформаторов типа «Мультек» *а — для трансформатора типа 1, б — для трансформатора типа 2*

стики трансформаторов зависят от габаритной мощности и типоразмера применяемого магнитопровода. Трансформаторы изготавливаются с магнитопроводом и катушкой, залитыми во влагозащитные огнестойкие корпуса, и относятся ко II группе по влагостойкости. Конструкция трансформаторов имеет три типоразмера.

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа «Мультек» показаны на рис. 2.17.

Зарубежные аналоги этих трансформаторов, их основные габаритные и установочные размеры показаны на рис 2 18.

Основные параметры

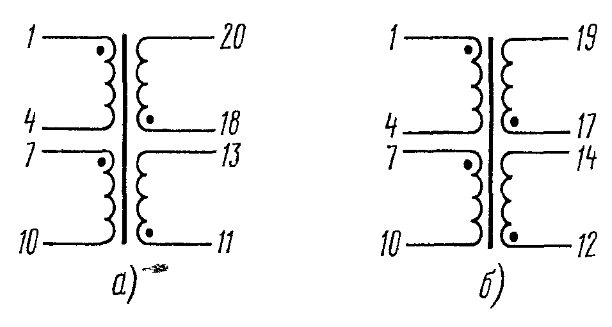


Рис 2 19 Электрические схемы трансформаторов типа «Мультек»

Трансформаторы типа «Мультек» относятся к однофазным низковольтным трансформаторам и рассчитаны на напряжение питающей сети переменного тока 110 и 220 В и частотой 50 Гц. Рассматриваемые трансформаторы имеют две входные и две выходные обмотки, обеспечивающие получение различных токов и напряжений на вторичных обмотках

Основные электрические параметры и габаритные размеры трансформаторов типа «Мультек» в номинальном режиме эксплуатации приведены в табл. 2.27.

Основные технические характеристики зарубежных аналогов трансформаторов питания типа «Мультек» приведены в табл. 2.28.

Принципиальные электрические схемы трансформаторов питания типа «Мультек» показаны на рис. 2.19

Таблица 2.27. Основные электрические параметры и габаритные размеры трансформаторов типа «Мультек» в номинальном режиме эксплуатации

Типономинал трансформатора	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Номинальная выходная мощность, В · А	Ток холостого хода, А	Габаритные размеры, L x B x H , мм	Масса, г
671111 010	230	24	1,0	0,020	32 x 27 x 25	85
– 01	220	12	1,0	0,020	32 x 27 x 25	85
– 02	24	48	0,005	0,020	32 x 27 x 25	85
– 03	220	2 x 9	1,0	0,010	32 x 27 x 25	85
– 04	220	24	1,2	0,015	32 x 27 x 25	85
671111 015	230	18	1,2	0,0065	32 x 27 x 25	85
– 01	230	230	0,7	0,010	32 x 27 x 25	85
– 02	230	12	1,0	0,010	32 x 27 x 25	85
– 03	230	9	1,5	0,018	32 x 27 x 25	85
– 04	220	2 x 12	1,4	0,020	32 x 27 x 25	85
– 05	220	18	1,4	0,020	32 x 27 x 25	85
– 06	220	9	1,0	0,020	32 x 27 x 25	85
– 07	220	6	1,0	0,020	32 x 27 x 25	85
– 08	220	2 x 6	1,0	0,020	32 x 27 x 25	85
671111 001	2 x 110	2 x 10	15	0,045	69 x 58 x 27	400
671111 006	2 x 110	2 x 19	28	0,060	69 x 58 x 37	600
671111.017	230	12	50	0,200	217 x 47 x 40	1200

Таблица 2.28. Основные технические характеристики зарубежных аналогов трансформаторов питания типа «Мультек»

Тип трансформатора	Номера выводов	Напряжение на выводах, В	Потребляемая мощность, не более, Вт	Коэффициент полезного действия, %
1	1–4,7–10	110 ± 5%	15	65
	11–13,18–20	10		
2	1–4,7–10	110 ± 5%	28	70
	12–14,17–19	20		

Условия эксплуатации трансформаторов питания типа «Мультек»

Интервал рабочих температур	0...+ 60 °С
Интервал температур при транспортировке и хранении	± 60 °С
Электрическая прочность изоляции	3 750 В
Сопротивление изоляции	10 МОм
Частота питающей сети переменного тока	50...60 Гц ± 1%
Огнестойкость	4L94–V0

2.6. Трансформаторы питания для печатного монтажа ТП121–125

Трансформаторы питания сетевые для печатного монтажа типа ТП предназначены для использования в бытовой и офисной радиоаппаратуре широкого применения Они применяются для питания различных электронных устройств в функциональных узлах и блоках с печатным монтажом элементов схемы

Трансформаторы предназначены для работы в условиях умеренного климата при температуре окружающей среды ± 60 °С, относительной влажности до 98% при температуре + 40 °С. Трансформаторы рассчитаны на подключение к сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 Гц.

Конструкция и размеры

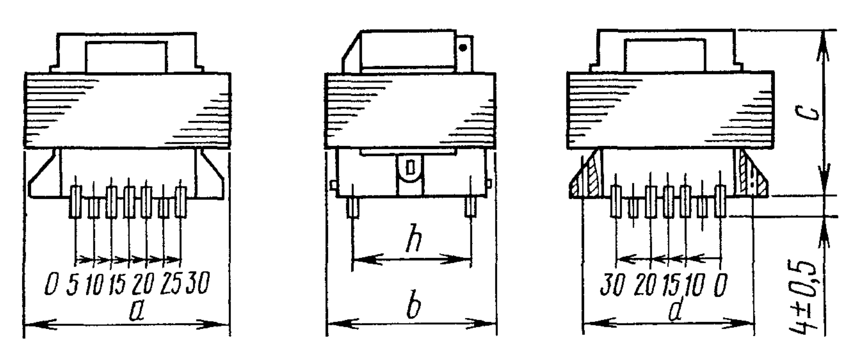


Рис 2 20 Конструкция и габаритные размеры трансформаторов типа ТП–121 — ТП–125

Изготавливается четыре разновидности трансформаторов типа ТП влагозащитных конструкций на броневых магнитопроводах с одной катушкой Конструктивные размеры и массогабаритные характеристики трансформаторов зависят от габаритной мощности и типоразмера применяемого магнитопровода. Трансформаторы изготавливаются с магнитопроводом и катушкой во влагозащищенном огнестойком исполнении и относятся ко II группе по влагостойкости. Конструкция трансформаторов имеет четыре типоразмера

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТП показаны на рис. 2.20 и приведены в табл. 2.29.

Таблица 2.29. Конструктивные параметры и габаритные размеры трансформаторов типа ТП–121 — ТП–125

Типономинал трансформатора	Масса, кг	Габаритные размеры, мм				
		a	b	c	d	h
ТП–121	0.14	43	36	33,5	35	25
ТП–122	0,24	43	36	43	35	25
ТП–124	0,38	55	46	46,5	45	32,5
ТП–125	0,49	61	51	49	50	35

Основные параметры

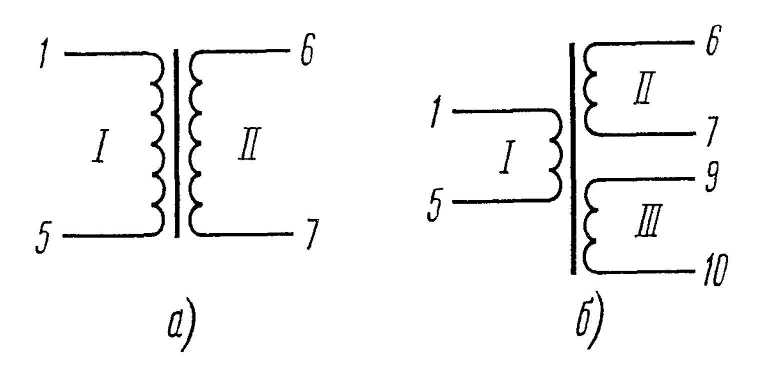


Рис 2 21 Электрические схемы трансформаторов типа ТП 121 – 125

Трансформаторы типа ТП относятся к однофазным низковольтным трансформаторам и рассчитаны на напряжение питающей сети переменного тока 220 В с частотой 50 Гц. Рассматриваемые трансформаторы имеют одну входную и, либо одну, либо две выходные обмотки, обеспечивающие получение различных токов и напряжений во вторичных электрических цепях радиоустройств.

Основные электрические параметры трансформаторов типа ТП в номинальном режиме эксплуатации приведены в табл. 2.30.

Принципиальные электрические схемы трансформаторов питания типа ТП показаны на рис. 2.21.

Таблица 2.30. Электрические параметры трансформаторов типа ТП

Типономинал трансформатора	Ток первичной обмотки в режиме холостого хода, А	Напряжение вторичных обмоток в режиме номинальной нагрузки, В		Ток вторичных обмоток в режиме номинальной нагрузки, А		Схема электрическая
		II	III	II	III	
ТП121–2	0,02	6,0	–	0,45	–	a
ТП121–3	0,02	12,5	5,6	0,32	0,05	b
ТП121–9	0,02	15,0	15,0	0,15	0,15	b
ТП121–11	0,02	18,0	–	0,25	–	a
ТП122–1	0,03	6,0	–	1,2	–	a
ТП122–5	0,03	9,0	–	0,8	–	a
ТП122–11	0,03	15,0	15,0	0,24	0,24	b
ТП122–14	0,03	18,0	18,0	0,20	0,20	b
ТП124–2	0,035	9,0	–	1,47	–	a
ТП124–8	0,035	15.0	15,0	0,44	0,44	b
ТП124–9	0,035	18,0	–	0,73	–	a
ТП124–11	0,035	23,0	–	0,56	–	a
ТП125–10	0,05	15,0	15,0	0,65	0,65	b
ТП125–13	0,05	18,0	–	1,08	–	a

Условия эксплуатации трансформаторов питания типа ТП:

Интервал рабочих температур	0 + 60 °C
Интервал температур при транспортировке и хранении	± 60 °C
Частота питающей сети переменного тока	50 Гц
Огнестойкость	UL94 V–0 или V–1
Класс изоляции	T60/E
Электрическая прочность изоляции	
первичная — вторичная	4 000 В эфф — 1 с
первичная — сердечник	4 000 В эфф — 1 с
вторичная — вторичная	500 В эфф — 1 с

Глава 3. Трансформаторы для импульсных источников питания

3.1. Общие сведения

В современной зарубежной бытовой и офисной РЭА, а именно в устройствах их электропитания, находят широкое применение различные типы трансформаторов для импульсных источников питания

Импульсные сетевые блоки и модули питания бытовой и офисной аппаратуры, подключенной к сети переменного тока, применяются для получения напряжений постоянного тока, необходимых для питания всех функциональных узлов РЭА. Такие блоки и модули импульсных источников питания обеспечивают существенные преимущества перед традиционными источниками питания в достижении меньшей материалоемкости, большей удельной мощности и более высокого КПД. Это обусловлено отсутствием традиционных сетевых трансформаторов питания типа ТС, работающих на частоте 50 Гц, и использованием импульсной стабилизации вторичных напряжений вместо ранее общепринятых компенсационных стабилизаторов непрерывного действия.

В импульсных сетевых блоках питания переменное напряжение питающей сети преобразуется в достаточно высокое напряжение постоянного тока при помощи бестрансформаторного выпрямителя с соответствующим фильтром. Напряжение с выхода фильтра поступает на вход импульсного стабилизатора напряжения, основная задача которого заключается в преобразовании выпрямленного напряжения в последовательность прямоугольных импульсов, которые затем преобразуются в постоянное напряжение. Регулировка уровня выходного напряжения осуществляется изменением длительности этих импульсов В состав импульсного стабилизатора напряжения входит регулирующий элемент, который работает в импульсном режиме Переход к ключевому режиму работы регулирующего элемента предопределил достаточно высокий КПД импульсных блоков питания (до 0,9)

Именно наличие ключевого каскада, преобразующего выпрямленное напряжение в последовательность прямоугольных импульсов, и является принципиальной особенностью импульсного блока питания А стабилизация выходного напряжения осуществляется изменением соотношения времени открытого и закрытого состояний ключа, который соединен последовательно с первичной обмоткой высокочастотного импульсного трансформатора Этот трансформатор обеспечивает гальваническую развязку между выходом блока питания и первичной сетью питания переменного тока

Наибольшее распространение получили импульсные блоки питания с высокочастотным импульсным трансформатором, в которых ключевой высокочастотный преобразователь работает на постоянной частоте повторения импульсов, а длительность самих импульсов изменяется под действием формирователя широтно–импульсной модуляции (ШИМ).

В импульсных блоках питания обычно используются одно– или двухтактные высокочастотные ключевые преобразователи. КПД однотактных преобразователей значительно ниже, чем у двухтактных. Поэтому однотактные импульсные блоки питания мощностью более 70 Вт разрабатывать нецелесообразно. Значительно большую мощность, при достаточно высоком КПД (до 95%), обеспечивают двухтактные преобразователи Их можно подразделить на несколько групп, характеризующихся по способу возбуждения мощных выходных ключевых транзисторов и схемами их включения в цепь первичной обмотки высокочастотного импульсного трансформатора преобразователя. По способу возбуждения преобразователи делятся на две группы с самовозбуждением и с независимым внешним возбуждением. Преобразователи с самовозбуждением достаточно трудоемки в налаживании, а при конструировании мощных (более 200 Вт) импульсных блоков питания сложность их изготовления неоправданно возрастает, поэтому для таких источников питания они малопригодны Преобразователи же с внешним возбуждением наилучшим образом подходят для проектирования импульсных блоков питания повышенной мощности и почти не требуют налаживания По способу подключения ключевых транзисторов к импульсному трансформатору различают три известные схемы· полумостовую, мостовую и с первичной обмоткой трансформатора, имеющей отвод от середины обмотки (балансную) Однако во всех перечисленных схемах импульсных блоков питания существует реальная опасность возникновения сквозного тока через ключевые транзисторы и первичную обмотку импульсного трансформатора, вследствие подачи в одно из плеч открывающего напряжения в то же самое время, когда из–за своих инерционных свойств другое плечо еще полностью не закрылось. Такое явление всегда приводит к работе коммутирующих элементов в режиме замыкания, к выходу из строя дорогостоящих мощных высоковольтных транзисторов и к существенной перегрузке первичной обмотки импульсного трансформатора Это в свою очередь значительно снижает надежность и КПД импульсного блока питания Для устранения подобных нежелательных явлений в таких схемах преобразователей приходится принимать ряд специальных мер по надежному закрытию одного из ключевых транзисторов до открывания второго.

Эти специальные меры значительно усложняют полумостовые, мостовые и балансные схемы импульсных блоков питания, и поэтому в бытовой технике более широкое распространение получили обратноходовые импульсные источники питания, в которых коммутирующий ключевой транзистор в первый такт обеспечивает накопление электромагнитной энергии в обмотках и в магнитопроводе накопительного трансформатора обратного хода, а во второй — ее передачу в нагрузку. Такие трансформаторы обратного хода фактически являются связанными катушками индуктивности с несколькими обмотками или многообмоточными линейными дросселями, служащими прежде всего для накопления электромагнитной энергии с последующей ее передачей в нагрузку и одновременно обеспечивающими развязку в обратноходовых преобразователях.

В зависимости от конкретных требований, предъявляемых к импульсному блоку питания, он может содержать различные дополнительные функциональные узлы и цепи, так или иначе связанные с выходным высокочастотным импульсным трансформатором: стабилизатор выходного напряжения, устройство защиты от перегрузок и аварийных режимов, цепи первоначального запуска, подавления помех и др.

3.2. Трансформаторы типа ТПИ

Импульсные трансформаторы питания (ТПИ) применяются в импульсных устройствах электропитания бытовой и офисной аппаратуры с промежуточным преобразованием напряжения питающей сети 127 или 220 В с частотой 50 Гц в импульсы прямоугольной формы с частотой следования до 30 кГц, выполненные в виде модулей или блоков питания: БП, МП–1, МП–2, МП–3, МП–403 и др. Модули имеют одинаковую схему и отличаются только типом используемого импульсного трансформатора и номиналом одного из конденсаторов на выходе фильтра, что определяется особенностями модели, в которой они применяются.

Мощные трансформаторы ТПИ для импульсных источников питания используются для развязки и передачи энергии во вторичные цепи. Накопление энергии в этих трансформаторах нежелательно. При проектировании таких трансформаторов в качестве первого шага необходимо определить размах колебаний магнитной индукции ΔB в установившемся режиме. Трансформатор должен быть рассчитан на работу при возможно большем значении ΔB, что позволяет иметь меньшее число витков в намагничивающей обмотке, увеличить номинальную мощность и уменьшить индуктивность рассеивания На практике значение ΔB может ограничиваться либо индукцией насыщения сердечника B_S, либо потерями в магнитопроводе трансформатора

В большинстве полномостовых, полумостовых и двухполупериодных (балансных) схем со средней точкой трансформатор возбуждается симметрично. При этом значение магнитной индукции изменяется симметрично относительно нуля характеристики намагничивания, что дает возможность иметь теоретическое максимальное значение ΔB, равное удвоенному значению индукции насыщения B_S. В большинстве однотактных схем, используемых, например, в однотактных преобразователях, магнитная индукция колеблется полностью в пределах первого квадранта характеристики намагничивания от остаточной индукции B_R до индукции насыщения B_S ограничивая теоретический максимум ΔB до значения ($B_S - B_R$). Это означает, что если ΔB не ограничено потерями в магнитопроводе (обычно на частотах ниже 50...100 кГц), для однотактных схем потребуется трансформатор больших размеров при одной и той же выходной мощности

В питаемых напряжением схемах (которые включают все схемы понижающих стабилизаторов), в соответствии с законом Фарадея, значение ΔB определяется произведением «вольт–секунда» на первичной обмотке. В установившемся режиме произведение «вольт–секунда» на первичной обмотке устанавливается на постоянном уровне. Размах колебаний магнитной индукции, таким образом, также постоянен.

Однако, при обычном методе управления рабочим циклом, который используется большинством микросхем для импульсных стабилизаторов, при запуске и во время резкого увеличения тока нагрузки величина ΔB может достигать удвоенного значения от значения в установившемся режиме Поэтому, чтобы сердечник не насыщался при переходных процессах, установившееся значение ΔB должно быть в два раза меньше теоретического максимума Однако же, если используется микросхема, позволяющая контролировать значение произведения «вольт–секунда» (схемы с отслеживанием возмущения входного напряжения), то максимальное значение произведения «вольт–секунда» фиксируется на уровне, немного превышающем установившийся Это позволяет увеличить значение ΔB и улучшает производительность трансформатора.

Значение индукции насыщения B_S для большинства ферритов для сильных магнитных полей типа 2500НМС превышает значение 0,3 Тл. В двухтактных питаемых напряжением схемах величина приращения индукции ΔB обычно ограничивается значением 0,3 Тл. При увеличении частоты возбуждения до 50 кГц потери в магнитопроводе приближаются к потерям в проводах. Увеличение потерь в магнитопроводе на частотах выше 50 кГц приводит к уменьшению значения ΔB.

В однотактных схемах без фиксации произведения «вольт–секунда» для сердечников с ($B_S - B_R$), равным 0,2 Тл, и с учетом переходных процессов установившееся значение ΔB ограничивается на уровне только 0,1 Тл Потери в магнитопроводе на частоте 50 кГц будут незначительными вследствие небольшого размаха колебаний магнитной индукции. В схемах с фиксированным значением произведения «вольт–секунда» величина ΔB может принимать значения до 0,2 Тл, что дает возможность значительно сократить габаритные размеры импульсного трансформатора

В питаемых током схемах источников питания (повышающие преобразователи и управляемые током понижающие стабилизаторы на связанных катушках индуктивности), значение ΔB определяется произведением «вольт–секунда» на вторичной обмотке при фиксированном выходном напряжении. Так как произведение «вольт–секунда» на выходе не зависит от изменений входного напряжения, то питаемые током схемы могут работать со значением ΔB, близким к теоретическому максимуму (если не учитывать потери в сердечнике), без необходимости ограничения величины произведения «вольт–секунда».

На частотах выше 50 . 100 кГц значение ΔB обычно ограничивается потерями в магнитопроводе.

Вторым шагом при проектировании мощных трансформаторов для импульсных источников питания необходимо произвести правильный выбор типа сердечника, который не будет насыщаться при заданном произведении «вольт–секунда» и обеспечит приемлемые потери в магнитопроводе и обмотках Для этого можно использовать итерационный процесс вычисления, однако приводимые ниже формулы (3 1) и (3 2) позволяют вычислить приближенное значение произведения площадей сердечника $S_O S_C$ (произведение площади окна сердечника S_O и площади поперечного сечения магнитопровода S_C) Формула (3 1) применяется, когда значение ΔB ограничено насыщением, а формула (3.2) — когда значение ΔB ограничено потерями в магнитопроводе В сомнительных случаях вычисляются оба значения и используется наибольшее Из таблиц справочных данных для различных сердечников выбирается тот тип сердечника, у которого произведение $S_O S_C$ превышает расчетную величину.

$$S_O S_C = \left(12{,}1 \frac{P_{ВХ}}{K\,\Delta B\,f_P}\right)^{1\,31} [\text{см}^4], \qquad (3.1)$$

$$S_O S_C = \left(41{,}67 \frac{P_{ВХ}}{K\,f_P}\right)^{1\,56} \cdot (K_Г f + K_{ВТ} f^2)^{0\,66} [\text{см}^4], \qquad (3.2)$$

где

$P_{ВХ} = P_{ВЫХ}/\eta$ = (выходная мощность/КПД);
K — коэффициент, учитывающий степень использования окна сердечника, площади первичной обмотки и конструктивный фактор (см. табл 3 1);
f_P — рабочая частота трансформатора

Таблица 3.1. Значения коэффициента K для трансформаторов типа ТПИ

Тип преобразователя	Вид обмоток		Значение коэффициента K
	первичной	вторичной	
Прямоходовой	без отвода	без отвода	0,141
Полномостовой	без отвода	со средней точкой	0,165
Полумостовой			
Двухполупериодный со средней точкой	со средней точкой	со средней точкой	0,141

Для большинства ферритов для сильных магнитных полей коэффициент гистерезиса равен $K_Г = 4 \cdot 10^5$, а коэффициент потерь на вихревые токи — $K_{ВТ} = 4 \cdot 10^{-10}$.

В формулах (3.1) и (3.2) предполагается, что обмотки занимают 40% от площади окна сердечника, соотношение между площадями первичной и вторичной обмоток соответствует одинаковой плотности тока в обеих обмотках, равной 420 А/см^2, и что суммарные потери в магнитопроводе и обмотках приводят к перепаду температур в зоне нагрева на 30 $^{\circ}$C при естественном охлаждении

В качестве третьего шага при проектировании мощных трансформаторов для импульсных источников питания необходимо произвести расчет обмоток импульсного трансформатора.

В табл. 3.2 приведены унифицированные трансформаторы электропитания типа ТПИ, используемые в телевизионных приемниках.

Таблица 3.2. Унифицированные трансформаторы питания типа ТПИ, используемые в телевизионных приемниках

Модель телевизора	Устройство электропитания	Типоразмер трансформатора	Тип конденсатора
2УСЦТ–61	МП–1	ТПИ–3	К–50–35–160В–100 мкФ
3УСЦТ–61	МП–403, МП–403–1	ТПИ–8–1	К–50–35–350–100 мкФ
4УСЦТ	МП–403–3, МП–403–4		
3УСЦТ–67	МП–2	ТПИ–5	К–50–35–250В–20 мкФ
3УСЦТ–51	МП–3	ТПИ–4–2	К–50–35–160В–100 мкФ
4УПИЦТ–51	БП	ТПИ–2	К–50–35–250В–100 мкФ

Таблица 3.3. Намоточные данные импульсных трансформаторов, применяемых в телевизорах

Обозначение трансформатора	Тип магнитопровода	Наименование обмоток трансформатора	Выводы обмоток	Тип намотки	Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току, Ом
ТПИ–2	К	Намагничивающая	15–18	Рядовая	23	ПЭВТЛ–2 0,45	0,3
			18–14		36		0,5
		Стабилизации	10–13	То же, шаг 2,5 мм	13		0,2
		Обратной связи	12–11	Рядовая в 2 слоя	2		0,2
		Выходные с $U_{вых}$, В:					
		130	5–8	Рядовая в 2 провода	45		0,6
		28	8–9		6		0,2
		12	9–4		7		0,2
		15	6–7		7		0,2
		6,3	2–1		4		0,2
ТПИ–3	К	Намагничивающая	1–11	Рядовая в 2 провода	45	ПЭВТЛ–2 0,45	0,3
			11–19				
			11–19		39		0,5
		Стабилизации	7–13	Рядовая	16		1,1
		Выходные с $U_{вых}$, В·					
		135	6–12	Рядовая	84		1,2
		28	8–12	Рядовая	18		0,2
		15	10–20	в 2 провода	10		0,2
		12	12–18	То же	10		0,2
		Экраны	14, 15, 16, 17	Фольга	1 слой	Фольга	–
		Обратной связи	5–3	Рядовая	2	ПЭВТЛ–2 0,45	0,2

Продолжение таблицы 3.3

Обозначение трансформатора	Тип магнитопровода	Наименование обмоток трансформатора	Выводы обмоток	Тип намотки	Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току, Ом
ТПИ–5	К или Ш	Намагничивающая	1–11	Рядовая в 2 провода	23	ПЭВТЛ–2 0,45	0,3
			11–19		42		0,6
		Стабилизации	7–13	Рядовая, шаг 2,5 мм	14		0,3
		Выходные с $U_{вых}$, В					
		135	6–12	Рядовая	81		1,2
		28	8–12	Рядовая	16		0,2
		15	10–20	в 2 провода	9		0,2
		12	12–18	То же	9		0,2
		Экраны	14, 15, 16, 17	Фольга	1 слой	Фольга	–
		Обратной связи	5–3	Рядовая	2	ПЭВТЛ–2 0,45	0,2
ТПИ–4–2	К или Ш	Намагничивающая	1–11	Рядовая в 2 провода	23	ПЭВТЛ–2 0,45	0,3
			11–19	Рядовая	42		0,6
		Стабилизации	7–13	Рядовая, шаг 2,5 мм	18		1,2
		Выходные с $U_{вых}$, В					
		130	6–12	Рядовая	94		0,6
		28	8–12	Рядовая	20		0,2
		15	10–20	в 2 провода	11		0,2
		12	12–18	То же	12		0,2
		Экраны	14, 15, 16, 17	Фольга	1 слой	Фольга	–
		Обратной связи	5–3	Рядовая	2	ПЭВТЛ–2 0,45	0,2
БТС	3411 0 1x10x 50 12 пластин	Первичная	1–2	Рядовая	100	ПЭЛ 0,2	3 3
		Вторичная	3–4	То же	200		5,2
БАТС	Т32x6x2	Первичная	1–2	Универсальная	600	ПЭЛШО 0,1	42
		Вторичная	3–4		1 000		70
БТС–1 П23	Чашка М2000 НМ–1	Первичная	1–2	Рядовая	400	ПЭВ 0,15	10
		Вторичная	3–4	То же	80		1,7
ТПВ–1	УШ	Первичная	1–2	Рядовая	140	ПТВ 0,39	1,88
		Рекуперационная	3–4	То же	127	ПТВ 0,15	8,5
		Первичная	5–6	Рядовая	125	ПТВ 0,51	0,2
		Обратной связи	7–8	То же	6	ПТВ 0,15	0 5
		Выходная	9–10	Рядовая	114	ПТВ 0,15	8,9
		То же	10–11	То же	28	ПТВ 0,51	0,2
		–"–	11–12	–"–	17	ПТВ 0,8	0,2
		–"–	13–14	–"–	17	ПТВ 0,44	0,2
		–"–	15–16	–"–	3	ПТВ 0,44	R < 0,2

Продолжение таблицы 3.3

Обозначение трансформатора	Тип магнитопровода	Наименование обмоток трансформатора	Выводы обмоток	Тип намотки	Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току, Ом
ТПИ	Ш	Первичная	13–14	Рядовая в 2 провода	98	ПЭВТЛ–2 0 5	0,6
		Вторичные, В					
		6,3	2–1	Рядовая	5	ПЭВТЛ–2	R < 0,2
		26	10–13	То же	19	0,75	0,2
		26	6–12	Рядовая	18	ПЭВТЛ–2	0,5
		15	5–12	То же	9	0,28	0,3
		15	1–4	–"–	6	ПЭВТЛ–2	R < 0,2
		60	3–9	–"–	29	0,75	0,2
ТМС–15	Ш или К	Первичная	1–2	Рядовая	440	ПЭВ–2 0,15	13,5
		Вторичная	3–4	То же	65		0,54
		То же	5–6	–"–	20		R < 0,2
ТМС–16	Ш или К	Первичная	1–2	Рядовая	120	ПЭВ–2 0,12	5
		Вторичная	3–4	То же	120		5
		То же	5–6	–"–	120		5
ТПИ Ц–410	Ш или К	Первичная	6–5	Рядовая	25	ПЭВТЛ–2 0 18	0,4
		Коллекторная	1–2	Рядовая в 2 провода	70		1,1
		Базовая	3–4	Рядовая	11		0,2
ТПИ–1 Ц–410	Ш или К	Первичная	5–4	Рядовая в 2 провода	100	ПЭВТЛ–2 0,18	2,7
		Вторичная	7–3	Рядовая	20		0,5
		Базовая	2–1	То же	12	ПЭВТЛ–2 0,315	0,2
БТС Ц–401	Чашка М2000 НМ–1	Первичная	1–2	Рядовая	500	ПЭВ–1	40
		Вторичная	3–4	То же	100	0,08	10
БТС «Юность»	Ш4х4 М2000	Первичная	1–2	Рядовая	285,5	ПЭВ 0,15	7,3
		Вторичная	3–4	То же	58,5		1,4
БТК	Ш4х4 М2000	Первичная	1–2	Рядовая	1 300	ПЭЛ 0,08	440
		Вторичная	3–4	То же	3 000		715
БТК–П	Ш7х7 М2000	Первичная	1–2	Рядовая	1 500	ПЭЛ 0,07	240
		Вторичная	3–4	То же	3 000		650
БТК–ПМ	Ш7х7 М2000	Первичная	1–2	Рядовая	1 150	ПЭВ 0,1	120
		Вторичная	3–4	То же	2 300		315
ТБК–П–2	УШ4 3412	Первичная	1–2	Рядовая	550	ПЭВ 0,13	21
		Вторичная	3–4	То же	110		5,3
ТБК–П–4	Ш4х6	Первичная	1–2	Рядовая	110	ПЭВ 0,23	1,4
		Вторичная	3–4	То же	550	ПЭВ 0,1	42
БТК–П23	ОШ4х4	Первичная	1–2	Рядовая	400	ПЭВ 0,15	10
		Вторичная	3–4	То же	80		4,7
ТБК	УЩ10	Первичная	1–2	Рядовая	80	ПЭВ 0,33	11
		Вторичная	3–4	То же	320	ПЭВ 0,2	8,1

Окончание таблицы 3.3

Обозначение трансформатора	Тип магнитопровода	Наименование обмоток трансформатора	Выводы обмоток	Тип намотки	Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току, Ом
ТПИ–8–1	Ш12х20х21 М3000	Первичная	1–13 13–17 17–19	Рядовая в 2 провода	27 27 27	ПЭВТЛ–2 0 355	–
	НМС–2	Вторичная	5–3	Рядовая по центру	3		–
		Третья	7–11	Рядовая в 3 провода	16		–
		Четвертая	6–12	Рядовая в 2 провода	54+24		–
		Пятая	14–18	Рядовая в 4 провода	10		–
		Шестая	16–20	Рядовая в 4 провода	10		–

Намоточные данные трансформаторов типа ТПИ, работающих в импульсных блоках питания стационарных и переносных телевизионных приемниках, приведены в табл 3 3 Принципиальные электрические схемы трансформаторов ТПИ показаны на рис 3 1

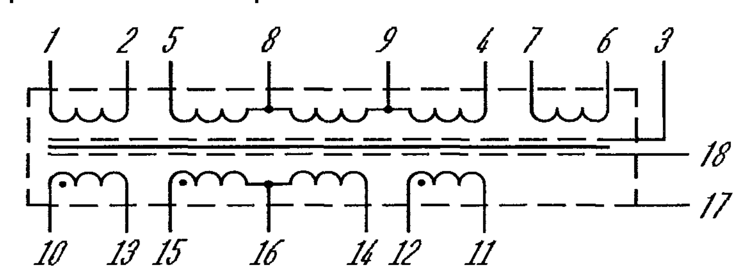


Рис 3 1 Электрические схемы трансформаторов типа ТПИ–2

3.3. Трансформаторы для обратноходовых преобразователей

Как было сказано выше, трансформаторы для обратноходовых преобразователей выполняют функции накопителя электромагнитной энергии во время действия импульса в цепи коммутирующего транзистора и, одновременно, элемента гальванической развязки между входным и выходным напряжениями преобразователя Так, в открытом состоянии коммутирующего транзистора под действием импульса коммутации первичная намагничивающая обмотка трансформатора обратного хода подключена к источнику энергии, к конденсатору фильтра, и ток в ней линейно нарастает При этом полярность напряжения на вторичных обмотках трансформатора такова, что включенные в их цепи выпрямительные диоды заперты Далее, когда коммутирующий транзистор закрывается, полярность напряжения на всех обмотках трансформатора изменяется на противоположную и энергия, запасенная в его магнитном поле, переходит в выходные сглаживающие фильтры во вторичных обмотках трансформатора При этом необходимо при изготовлении трансформатора обеспечивать, чтобы электромагнитная связь между его вторичными обмотками была бы максимально возможной В этом случае напряжения на всех обмотках будут иметь одинаковую форму и мгновенные значения напряжений пропорциональны числу витков соответствующей обмотки Таким образом, трансформатор обратного хода работает как линейный дроссель, а интервалы накопления электромагнитной энергии в нем и передачи накопленной энергии в нагрузку разнесены во времени

Для изготовления трансформаторов обратного хода лучше всего применять броневые ферритовые магнитопроводы (с зазором в центральном стержне), обеспечивающие линейное намагничивание

Основные процедуры проектирования трансформаторов для преобразователей обратного хода состоят в выборе материала и формы сердечника, определении пикового значения индукции, определении размеров сердечника, вычислении величины немагнитного зазора и определении числа витков и расчете обмоток При этом все требуемые значения параметров элементов схемы преобразователя, такие как

индуктивность первичной обмотки трансформатора, пиковый и среднеквадратичный токи и коэффициент трансформации должны быть определены до начала процедуры расчета.

Выбор материала и формы сердечника

В качестве материала для сердечника трансформатора обратного хода наиболее часто используется феррит Порошковые молибден–пермаллоевые тороидальные сердечники имеют более высокие потери, но они также часто используются на частотах ниже 100 кГц, когда размах колебаний магнитного потока невелик — в дросселях и трансформаторах обратного хода, используемых в режиме непрерывного тока. Порошковые железные сердечники иногда используются, но они имеют либо слишком низкое значение магнитной проницаемости, либо слишком большие потери для практического использования в импульсных источниках питания на частотах свыше 20 кГц.

Высокие значения магнитных проницаемостей (3 000...100 000) основных магнитных материалов не позволяют запасать в них много энергии. Это свойство приемлемо для трансформатора, но не для катушки индуктивности. Большое количество энергии, которое должно быть запасено в дросселе или трансформаторе обратного хода, фактически сосредотачивается в воздушном зазоре, который разрывает путь магнитных силовых линий внутри сердечника с большой магнитной проницаемостью. В молибден–пермаллоевых и порошковых железных сердечниках энергия накапливается в немагнитном связующем веществе, удерживающем магнитные частицы вместе. Этот распределенный зазор не может быть измерен или определен непосредственно, вместо этого приводится эквивалентная магнитная проницаемость для всего сердечника с учетом немагнитного материала.

Определение пикового значения индукции

Вычисляемые ниже значения индуктивности и тока относятся к первичной обмотке трансформатора. Единственная обмотка обычной катушки индуктивности (дросселя) также будем называть первичной обмоткой. Требуемая величина индуктивности L и пиковое значение тока короткого замыкания через катушку индуктивности $I_{КЗ}$ определяется схемой применения. Величина этого тока устанавливается схемой ограничения тока Вместе обе эти величины определяют максимальное значение энергии, которую катушка индуктивности должна запасать (в зазоре) без насыщения сердечника и с приемлемыми потерями в магнитопроводе и проводах.

Далее необходимо определить максимальное пиковое значение индукции B_{max}, которое соответствует пиковому току $I_{КЗ}$. Чтобы минимизировать размер зазора, необходимый для накопления требуемой энергии, катушка индуктивности должна использоваться как можно больше в режиме максимальной индукции. Это позволяет минимизировать число витков в обмотках, потери на вихревые токи, а также размер и стоимость катушки индуктивности.

На практике значение B_{max} ограничивается либо насыщением сердечника B_S, либо потерями в магнитопроводе. Потери в ферритовом сердечнике пропорциональны, как частоте, так и полному размаху изменения индукции ΔB в течение каждого цикла переключения (коммутации), возведенному в степень 2,4.

В стабилизаторах, работающих в режиме непрерывного тока (дроссели в понижающих стабилизаторах и трансформаторы в обратноходовых схемах), потери в сердечнике катушки индуктивности на частотах ниже 500 кГц обычно незначительны, так как отклонения магнитной индукции от постоянного рабочего уровня незначительны В этих случаях значение максимальной индукции может быть почти равным значению индукции насыщения с небольшим запасом. Значение индукции насыщения для большинства мощных ферритов для сильных полей типа 2500НМС выше 0,3 Тл, поэтому значение максимальной индукции может быть выбрано равным 0,28 ..0,3 Тл.

В стабилизаторах, работающих в режиме прерывистого тока, значение магнитной индукции изменяется от нуля до B_{max} (остаточная намагниченность незначительна из-за наличия зазора), а максимальный размах колебаний индукции ΔB_M равняется значению B_{max}. В таких схемах (особенно на высоких частотах), значения ΔB_M и B_{max} обычно ограничиваются потерями в магнитопроводе, так что значение B_{max} оказывается намного меньше чем значение B_S.

Определение размера сердечника

Используемый сердечник должен быть способен запасти требуемую пиковую энергию в небольшом зазоре без вхождения в насыщение и иметь приемлемые потери в магнитопроводе Кроме того он должен вмещать требуемое количество витков, обеспечивающее приемлемые потери в обмотках. Для выбора сердечника можно использовать итерационный процесс, использующий метод пробных решений, однако ниже приводимые формулы — (3.3) и (3 4) дают возможность получить приближенное значение произведения площадей сердечника, требуемого для заданной схемы применения. Из справочных таблиц выбирается самый маленький сердечник, произведение площадей которого превышает расчетную величину. Формула (3.3) применяется, когда значение ΔB ограничено насыщением, а формула (3.4) — когда значение ΔB ограничено потерями в магнитопроводе. В сомнительных случаях вычисляются оба значения и используется наибольшее.

$$S_O S_C = \left(\frac{L\, I_{КЗ}\, I_{OL} \cdot 10^4}{420\, K\, B_{max}}\right)^{1\,31} [см^4], \qquad (3.3)$$

$$S_O S_C = \left(\frac{L\, \Delta I_M\, I_{OL} \cdot 10^4}{120\, K}\right)^{1\,58} (K_Г\, f + K_{ВТ}\, f^2)^{0\,66} [см^4], \qquad (3.4)$$

где

L — индуктивность первичной обмотки, Гн;
$I_{КЗ}$ — пиковое значение тока КЗ первичной обмотки, А;
I_{OL} — общий среднеквадратичный ток первичной обмотки при предельной нагрузке, А;
ΔI_M — максимальный размах колебаний тока первичной обмотки, А,
K — см табл 3 4,
f — рабочая частота, Гц.

Формула (3.3) основана на потерях в проводах при значении плотности тока, вызывающем перепад температур в 30 ^{0}С в зоне нагрева (в середине центрального стержня). Формула (3.4) основана на перепаде температур в зоне нагрева на 30 ^{0}С, но вызванного равными вкладами от потерь в проводах и от потерь в магнитопроводе. В формуле 3.4 предполагается, что плотность тока вызывает перепад температуры в 15 ^{0}С в зоне нагрева.

При наличии нескольких обмоток они должны быть распределены таким образом, чтобы среднеквадратичное значение плотности тока в них было одинаково для обеспечения однородного распределения мощности в обмотках.

Таблица 3.4. Значения коэффициента K для трансформаторов обратного хода и линейных дросселей

Тип преобразователя	Значение коэффициента K
Понижающий и повышающий стабилизаторы в непрерывном режиме	0,7
Повышающий стабилизатор в режиме прерывистого тока	0,7
Обратноходовой в непрерывном режиме	0,2
Обратноходовой в прерывистом режиме	0,2

Вычисление величины немагнитного зазора

Ширина немагнитного зазора рассчитывается, используя классическую формулу для индуктивности:

$$l_{НЗ} = \frac{\mu_0\, \mu_R\, N^2\, A_E}{L}\, 10^{-2}\, [см], \qquad (3.5)$$

где

μ_0 — магнитная проницаемость свободного пространства, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;
μ_R — относительная магнитная проницаемость, для немагнитного зазора равная единице;
N — число витков;
A_E — эффективная площадь центрального стержня магнитопровода, см^2.

При использовании ферритового Ш–образного или броневого сердечника с зазором только в центральном стержне может потребоваться механическая обработка до нужного размера, если отсутствует необходимый промышленный образец. Этой операции можно избежать, разделив половины сердечника прокладкой, толщина которой приблизительно равна половине расчетной ширины зазора. При этом одна половина зазора приходится на центральный стержень, а другая половина — на внешние стержни, предполагая, что суммарная площадь поперечного сечения обоих внешних стержней равна площади центрального стержня. Однако при этом значительно увеличивается внешнее магнитное поле, являющееся источником электромагнитных помех. Требуемая величина зазора в этом случае подбирается эмпирически.

В тороидальных сердечниках зазор распределен между магнитными частицами по всему объему сердечника и недоступен для вычисления Вместо ширины зазора в этом случае берется эквивалентная относительная магнитная проницаемость, как если бы сердечник был выполнен полностью из однородного магнитного материала, причем l_E — эффективная длина магнитной силовой линии внутри сердечника

$$\mu_{Rmax}x = \frac{L\, l_E \cdot 10^2}{\mu_0 N^2 A_E} \qquad (3\ 6)$$

Завершающей процедурой при проектировании трансформаторов обратного хода является общеизвестная методика определения числа витков и расчет электрических и геометрических параметров обмоток

Намоточные данные трансформаторов обратного хода, работающих в импульсных источниках питания, применяемых в современной бытовой и офисной аппаратуре, приведены в табл 3.5.

В табл 3 6 показаны основные технические характеристики трансформаторов обратного хода для отечественных ИИП и их зарубежных аналогов

Таблица 3.5. Намоточные данные трансформаторов обратного хода, работающих в импульсных источниках питания

Тип магнитопровода	Наименование обмоток трансформатора	Выводы обмоток	Тип намотки	Число витков	Марка и диаметр провода, мм
Ш12х20 М3000 НМС-2	Накопительная Стабилизации Выходная	1–19 14–18 7–11	Рядовая в 2 провода в 4 провода в 3 провода	81 10 16	ПЭВТЛ-2 0,355
Б26 М1000НМ Зазор 0,2 мм	Накопительная Стабилизации Выходная	1–2 3–4 5–6	Рядовая произвольная	300 8 28	ПЭВ-2 0,18 ПЭВ-2 0,18 ПЭВ-2 0,35
Б22 М2000НМ Зазор 0,1 мм	Накопительная Стабилизации Выходная Экранирующая	1–2 3–4 5–6 7	Рядовая много- слойная Рядовая	260 22 13 1 слой	ПЭТВ 0,12 ПЭТВ 0,18 ПЭТВ 0,56 ПЭТВ 0,12
КВ-8 М2500НМС1 Зазор 0,3 мм	Накопительная Стабилизации Выходная Экранирующая	1–2 3–4 5–6 7	Рядовая много- слойная Рядовая	240 22 28 1 слой	ПЭТВ 0,2 ПЭТВ 0,15 ПЭТВ 0,56 ПЭТВ 0,15
КВ-10 М2500НМС1 Зазор 0,3 мм	Накопительная Стабилизации Экранирующая Выходная — 1 Выходная — 2 Выходная — 3	1–2 3–4 5 7–6 9–8 11–10	Рядовая 4 слоя Рядовая То же –"– –"– Рядовая в 2 провода	140 12 1 слой 13 13 6	ПЭТВ 0,28 ПЭТВ 0,15 ПЭТВ 0,15 ПЭТВ 0,63 ПЭТВ 0,63 ПЭТВ 0,63
КВ-6 М2500НМС1 Зазор 0,15 мм	Накопительная Стабилизации Выходная — 1 Выходная — 2	1–2 9–8 7–6 5–3	Рядовая То же В навал В навал 2 провода	10 7 18 2х12	ПЭМ 0,41 ПЭЛО 0,33 ПЭЛО 0,15 ПЭЛО 0,15
К13х7х5 МП-140	Накопительная Стабилизации Выходная	1–2 5–6 3–4	Рядовая То же –"–	18 16 8	ПЭЛО 0,3 ПЭЛО 0,3 ПЭМ 0,41
Ш4х4 М2000НМ Зазор 0,15 мм	Накопительная Стабилизации Выходная	1–2 4–3 8–5	Рядовая То же –"–	60 77 30	ПЭЛО 0,3 ПЭЛО 0,1 ПЭМ 0,35

Таблица 3.6. Основные технические характеристики трансформаторов для обратноходовых импульсных источников питания (ИИП)

Мощность ИИП, Вт	Сердечник трансформатора	Напряжение $U_{ВХ}$, В	Напряжение $U_{ВЫХ}$, В	Частота $F_{РАБ}$, кГц	Индуктивность L_1, мГн	Коэффициент трансформации		Индуктивность $L_{S\,MAX}$, мкГн	Напряжение $U_{ИСП}$, кВ
						N_1/N_2	N_1/N_3		
0,1	Ш4x4 М2000НМ1	90...265	5	100	1,4±10%	16,4 ±5%	8,2 ±5%	100	3,0
0,1	КВ5 М2500НМС1	90...265	5,1	100	1,4±10%	16,4 ±5%	8,2 ±5%	70	3,0
4,0	Ш5x5 М2000НМ1	90 . 265	12	100	8,0±10%	7,4 ±5%	7,1 ±5%	100	3,0
5,0	Ш4x4 М2000НМ1	25.. 140	12	80	0,5±10%	10,0 ±5%	6,0 ±5%	50	2,0
4,0	КВ6 М2500НМС1	10...15	12x2	25	0,28±10%	1,0 ±5%	2,4 ±5%	30	2,0
20,0	КВ8 М2500НМС1	90...265	13,5	100	0,65±10%	8,35 ±5%	8,35 ±5%	50	3,0
30,0	КВ10 М2500НМС1	90...310	5,0...12,0	80...100	1,6±10%	4,58 ±5%	5,81 ±5%	100	3,0
8,0 *)	E187 3F3	92...276	5,0	80...100	1,0±10%	15,4 ±5%	5,92 ±5%	100	2,0

*) Зарубежный трансформатор типа S5502-А в зарубежном ИИП типа Off-Line Converter с выходной мощностью 8,0 Вт. Отечественный аналог сердечника E187 из материала 3F3 — КВ8М2500НМС1;
N_1, N_2, N_3 — числа витков обмоток первичной, выходной и стабилизации соответственно,
$L_{S\,MAX}$ — максимальное значение индуктивности рассеяния трансформатора;
$U_{ИСП}$ — испытательное напряжение между обмотками 1 и 3 (2).

Глава 4. Трансформаторы сигнальные согласующие

4.1. Общие сведения

Рассматриваемые в настоящей главе согласующие трансформаторы представляют собой достаточно большую группу сигнальных трансформаторов малой мощности, предназначенных для выполнения определенных функций в электрических цепях блоков, узлов, приборов и устройств РЭА. К данной группе трансформаторов можно отнести:

- согласующие сигнальные трансформаторы непрерывных сигналов;
- импульсные согласующие сигнальные трансформаторы;
- широкополосные согласующие сигнальные трансформаторы;
- узкополосные согласующие сигнальные трансформаторы;
- резонансные согласующие сигнальные трансформаторы;
- согласующие сигнальные трансформаторы звуковой частоты;
- согласующие сигнальные трансформаторы непрерывных сигналов низкой частоты;
- согласующие сигнальные трансформаторы высокой частоты;
- входные и выходные согласующие сигнальные трансформаторы;
- развязывающие сигнальные согласующие трансформаторы и некоторые другие.

В соответствии с принятой классификацией и установленной терминологией согласующими сигнальными трансформаторами называются сигнальные трансформаторы, предназначенные для согласования различных полных сопротивлений электрических цепей при преобразовании и передаче электрических сигналов.

Согласующие сигнальные трансформаторы применяются чаще всего в выходных каскадах усилителей звуковой частоты для согласования сопротивления нагрузки с выходным сопротивлением выходного каскада. Для межкаскадной связи согласующие сигнальные трансформаторы применяют, когда требуется большая амплитуда тока на выходе каскада. В данном конкретном случае использование согласующего сигнального трансформатора на входе выходного каскада УЗЧ позволяет значительно повысить усиление мощности сигнала и снизить расход энергии питания. Кроме того, в предвыходном каскаде могут быть применены полупроводниковые приборы меньшей мощности. Межкаскадный трансформатор необходим также при очень низком входном сопротивлении последующего каскада. На входе УЗЧ согласующие сигнальные трансформаторы применяются, когда источник сигнала имеет малое выходное сопротивление и развивает малую ЭДС или при необходимости симметрирования входной цепи. Малогабаритные согласующие сигнальные трансформаторы звуковой частоты предназначены для согласования внутреннего источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей низкой частоты, выполненных на ППП. Они используются в низкочастотных трактах РЭА промышленного и бытового назначения.

Низкочастотные согласующие трансформаторы предназначены, как правило, для работы в схемах, выполненных на ППП, интегральных микросхемах, с применением электровакуумных приборов, а также в любой другой возможной комбинации. Промышленностью изготавливаются низкочастотные трансформаторы на броневых, стержневых и кольцевых магнитопроводах, которые изготавливаются, в свою очередь, из электротехнических сталей, карбонильного железа, железоникелевых сплавов и различных ферритов. Работают низкочастотные трансформаторы в широком диапазоне частот, напряжений и токов. Они обеспечивают устойчивую работу в различных климатических зонах и при воздействии различных нагрузок: механических, климатических, биологических, радиационных и др. Многообразие внешних воздействующих факторов и требований определяют большое количество типов и типоразмеров согласующих сигнальных трансформаторов. К ним можно отнести трансформаторы типов: ТНС, ТМ, ТВЗ, ТВЛ, ТОЛ, ТОТ, Т, ТТ, ММТС.

4.2. Трансформаторы согласующие типа ТОТ

Трансформаторы согласующие сигнальные низкой частоты типа ТОТ предназначены для работы в условиях умеренно холодного климата при температуре окружающей среды – 60...+ 85 ^{0}C, с учетом перегрева обмоток, и относительной влажности до 93% при температуре + 25 ^{0}C. Применяются трансформаторы в усилителях звуковой частоты бытового и промышленного назначения. Изготавливаются трансфор-

маторы в виде сборочных единиц для схем низкочастотных трактов, выполненных на ППП с применением печатного монтажа.

Конструкция и размеры

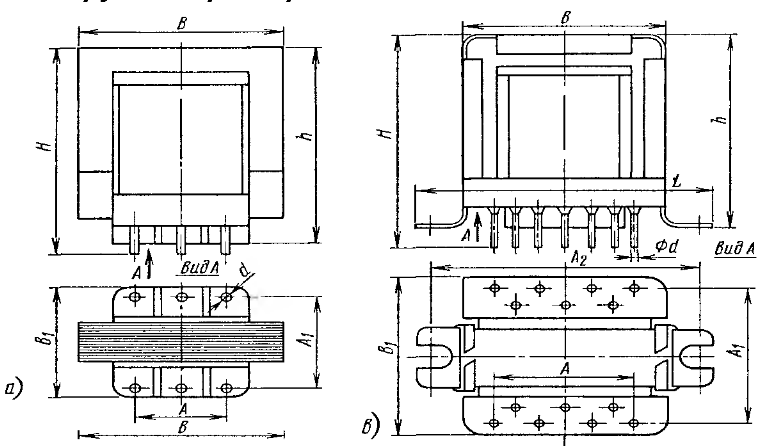


Рис 4 1 Общий вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры сигнальных трансформаторов типа ТОТ

Общий вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры согласующих трансформаторов типа ТОТ показаны на рис. 4 1 Конструктивные размеры трансформаторов приведены в табл. 4.1. Конструкция трансформаторов, а также современная технология их изготовления при правильной установке на печатной плате с заливкой и лакированием, устойчиво противостоят механическим и климатическим воздействиям, подробно рассмотренным в первой главе и в настоящем параграфе.

Таблица 4.1. Конструктивные размеры согласующих выходных трансформаторов типа

Типономинал трансформатора	Рисунок	Размеры, мм									
		A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	L	H	h	d
ТОТ1—ТОТ35	3 1, а	6	9	–	–	15	–	14	22	15	0,8
ТОТ1М—ТОТ35М	3 1, б	6	9	–	–	15,5	–	14	22	15	0,8
ТОТ36—ТОТ60	3 1, в	9	12	25	–	22	17	30	22,5	19	0,8
ТОТ61—ТОТ85	3 1, в	9	15	25	–	22	21	30	22,5	19	0,8
ТОТ86—ТОТ129	3 1, в	9	18	34	–	27	23	40	32,5	26	0,8
ТОТ130—ТОТ153	3 1, в	18	24	42	–	36	31	48	39,5	33	1
ТОТ154—ТОТ189	3 1, г	24	36	52	10	46	43	56	47	40	1
ТОТ202—ТОТ219	3 1, г	27	45	58	12	52	52	66	54,5	48	1,5

Трансформаторы типа ТОТ разработаны специально для установки в схемы печатного монтажа со стандартным шагом координатной сетки Расположение выводов трансформаторов соответствует конфигурации цоколей электровакуумных приборов и миниатюрных реле, в которых предусмотрены: ключ и дополнительная маркировка первого вывода, расположенная на боковой поверхности трансформатора в виде красной точки. Нумерация выводов производится по часовой стрелке со стороны монтажа. При этом первый вывод расположен в левом верхнем углу Каркас трансформатора имеет дополнительную жесткость посредством армирования металлическими выводами При установке трансформаторов на печатной плате эти выводы пропускают в отверстия, подгибают вдоль печатных проводников на 2 3 мм и припаивают Трансформаторы типоразмеров ТОТ1 — ТОТ35 устанавливаются на печатной плате с помощью распайки выводов без дополнительного крепления винтами. Все остальные типоразмеры трансформаторов монтируют с помощью дополнительного крепления посредством винтов.

Трансформаторы типа ТОТ изготавливаются на магнитопроводах броневой конструкции из холоднокатаной ленты с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией технического насыщения марки 50Н. Перечень применяемых магнитопроводов и предельная масса трансформаторов типа ТОТ приведены в табл. 4.2. При воздействии на трансформатор комплексного воздействия климатических и

механических нагрузок конструкция трансформатора обеспечивает необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток

Трансформаторам присвоено условное сокращенное обозначение ТОТ, где первая буква Т обозначает «трансформатор», вторая буква О — «оконечный» (выходной), третья буква Т — «транзисторный». Трансформаторы, залитые в форму, обозначаются дополнительной буквой М. Цифры в обозначении показывают порядковый номер типоразмера трансформатора. В условном обозначении присутствует номер ГОСТ или ТУ, по которым осуществляется поставка трансформаторов заказчику Условное обозначение трансформатора применяется при заказе трансформаторов и в конструкторской документации. Пример условного обозначения трансформатора типа ТОТ выходного для транзисторных схем, залитого в форму с порядковым номером 30 — «Трансформатор ТОТ30М».

Таблица 4.2. Перечень магнитопроводов, применяемых в выходных трансформаторах типа ТОТ

Обозначение трансформатора	Обозначение магнитопровода	Марка материала магнитопровода	Масса, не более, г
ТОТ1—ТОТ35	ШВ3 x 4	50НУ	9
ТОТ1М—ТОТ35М	ШВ3 x 4	50НУ	9
ТОТ36—ТОТ60	ШВ4 x 4	50НУ	18
ТОТ61—ТОТ85	ШВ4 x 8	45Н, 50Н	27
ТОТ86—ТОТ129	ША6 x 8	50Н	45
ТОТ130—ТОТ153	ША8 x 10	50Н	100
ТОТ154—ТОТ189	ША10 x 10	45Н, 50Н	280
ТОТ202—ТОТ219	ША12 x 12,5	50Н	350

Основные параметры

Принципиальные электрические схемы согласующих сигнальных трансформаторов типа ТОТ показаны на рис 4 2. Основные электромагнитные параметры и технические характеристики трансформаторов приведены в табл 4 3 и 4.4. Расчетные значения коэффициентов трансформации, определяемые из соотношения числа витков первичных и вторичных обмоток, приведены в табл. 4.5. Дополнительные параметры, а также пределы изменения основных и дополнительных характеристик трансформаторов типа ТОТ приведены ниже.

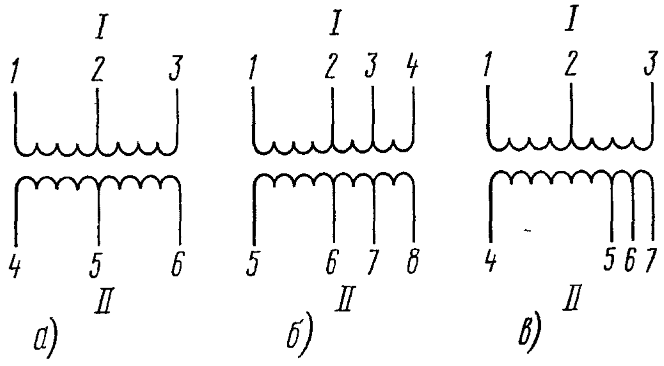


Рис 4 2 Электрические схемы согласующих сигнальных трансформаторов типа ТОТ

Коэффициенты трансформации, в зависимости от типоразмеров, рассчитываются по следующим формулам

для трансформаторов ТОТ1 — ТОТ35.

$n_1 = W_{4-5} / W_{1-3}$; $n_2 = W_{4-6} / W_{1-3}$; $n_3 = W_{4-5} / W_{1-2}$; $n_4 = W_{4-6} / W_{1-2}$,

где W_{1-2}, W_{1-3}, W_{4-5} и W_{4-6} — числа витков обмоток

с выводами 1–2, 1–3, 4–5 и 4–6 соответственно;

для трансформаторов ТОТ36 — ТОТ189:

$n_1 = W_{5-6} / W_{1-4}$; $n_2 = W_{5-7} / W_{1-4}$; $n_3 = W_{5-8} / W_{1-4}$, $n_4 = W_{5-6} / W_{1-3}$; $n_5 = W_{5-7} / W_{1-3}$;

$n_6 = W_{5-8} / W_{1-3}$, $n_7 = W_{5-6} / W_{1-2}$; $n_8 = W_{5-7} / W_{1-2}$, $n_9 = W_{5-6} / W_{1-2}$,

где W_{1-2}, W_{1-3}, W_{1-4}, W_{5-6}, W_{5-7} и W_{5-8} — числа витков обмоток с выводами 1–2, 1–3, 1–4, 5–6, 5–7 и 5–8 соответственно;

для трансформаторов ТОТ202 — ТОТ219:
$n_1 = W_{4-5} / W_{1-3}$; $n_2 = W_{4-6} / W_{1-3}$; $n_3 = W_{4-7} / W_{1-3}$;
$n_4 = W_{4-5} / W_{1-2}$; $n_5 = W_{4-6} / W_{1-2}$; $n_6 = W_{4-7} / W_{1-2}$,
где W_{1-2}, W_{1-3}, W_{4-5}, W_{4-6} и W_{4-7} — числа витков обмоток с выводами 1–2, 1–3, 4–5, 4–6 и 4–7 соответственно.

Таблица 4.3. Основные электромагнитные параметры выходных трансформаторов типа ТОТ для транзисторных схем

Обозначение трансформатора	Входное сопротивление на выводах, Ом		Сопротивление нагрузки на выводах, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Индуктивность на обмотках, Гн		Максимальное напряжение первичной обмотки, В
	1–2	1–3	4–5	4–6	первичной	вторичной	первичной	вторичной	
ТОТ1, ТОТ1М ТОТ2, ТОТ2М ТОТ3, ТОТ3М ТОТ4,ТОТ4М ТОТ5, ТОТ5М ТОТ6,ТОТ26М ТОТ7, ТОТ7М	350	1440	4 8 64 125 250 500 1000	16 32 256 500 1000 2000 4000	70x2	0,8x2 1,4x2 23x2 27x2 59,5x2 104x2 272x2	0,5	0,034	3x2
ТОТ8,ТОТ8М ТОТ9, ТОТ9М ТОТ10,ТОТ10М ТОТ11,ТОТ11М ТОТ12,ТОТ12М ТОТ13,ТОТ13М ТОТ14,ТОТ14М	720	2880	4 8 64 125 250 500 1000	16 32 256 500 1000 2000 4000	143x2	0,8x2 1,4x2 23x2 27x2 59,5x2 104x2 272x2	1	0,07	4,2x2
ТОТ15,ТОТ15М ТОТ16,ТОТ16М ТОТ17,ТОТ17М ТОТ18,ТОТ18М ТОТ19,ТОТ19М ТОТ20,ТОТ20М ТОТ21,ТОТ21М	1400	5600	4 8 64 125 250 500 1000	16 32 256 500 1000 2000 4000	322x2	0,7x2 1,4x2 13x2 24,6x2 58,5x2 104x2 273x2	2,8	0,13	5,7x2
ТОТ22,ТОТ22М ТОТ23,ТОТ23М ТОТ24,ТОТ24М ТОТ25,ТОТ25М ТОТ26,ТОТ26М ТОТ27,ТОТ27М ТОТ28,ТОТ28М	2800	11200	4 8 64 125 250 500 1000	16 32 256 500 1000 2000 4000	440x2	0,7x2 1,4x2 13x2 24,6x2 58,5x2 104x2 273x2	3,8	0,25	8x2
ТОТ29,ТОТ29М ТОТ30,ТОТ30М ТОТ31,ТОТ31М ТОТ32,ТОТ32М ТОТ33,ТОТ33М ТОТ34,ТОТ34М ТОТ35,ТОТ35М	5600	22400	4 8 64 125 250 500 1000	16 32 256 500 1000 2000 4000	1100x2	0,7x2 1,4x2 13x2 24,6x2 58,5x2 104x2 273x2	7,8	0,5	11x2

Таблица 4.4. Основные электромагнитные параметры выходных трансформаторов типа ТОТ36 — ТОТ189, ТОТ202 — ТОТ219

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Входное сопротивление на выводах, Ом			Сопротивление нагрузки на выводах, Ом			Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Индуктивность, Гн		Ток подмагничивания, мА	Максимальное напряжение на первичной обмотке, В
		1–2	1–3	1–4	5–6	5–7	5–8	первичной	вторичной	первичной обмотки	рассеяния		
ТОТ36 ТОТ37 ТОТ38 ТОТ39 ТОТ40	0,1	425	950	1700	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	34x2	0,6x2 4,5x2 8,4x2 71x2 162x2	0,5	0,034	0,5	6,5x2
ТОТ36 ТОТ37 ТОТ38 ТОТ39 ТОТ40	0,1	590	1350	2400	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	65x2	0,6x2 4,5x2 8,4x2 71x2 162x2	0,7	0,05	0,5	7,5x2
ТОТ46 ТОТ47 ТОТ48 ТОТ49 ТОТ50	0,1	835	1900	3300	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	104x2	0,6x2 4,5x2 8,4x2 71x2 162x2	1,0	0,07	0,5	9x2
ТОТ51 ТОТ52 ТОТ53 ТОТ54 ТОТ55	0,1	1020	2700	4600	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	169x2	0,6x2 4,5x2 8,4x2 71x2 162x2	1,4	0,1	0,5	10x2
ТОТ56 ТОТ57 ТОТ58 ТОТ59 ТОТ60 ТОТ75	0,1	1700	3800	6500	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	286x2	0,6x2 4,5x2 8,4x2 71x2 162x2	2	0,13	0,5	12x2
ТОТ61 ТОТ62 ТОТ63 ТОТ64 ТОТ65	0,25	425	950	1700	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	35x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	0,5	0,034	1	10x2
ТОТ66 ТОТ67 ТОТ68 ТОТ69 ТОТ70	0,25	590	1350	2400	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	58x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	0,7	0,05	1	12x2
ТОТ71 ТОТ72 ТОТ73 ТОТ74 ТОТ75	0,25	835	1900	3300	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	103x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	1,0	0,07	1	14x2
ТОТ76 ТОТ77 ТОТ78 ТОТ79 ТОТ80	0,25	1200	2700	4600	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	150x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	1,4	0,1	1	17x2
ТОТ81 ТОТ82 ТОТ83 ТОТ84 ТОТ85	0,25	1700	3800	6500	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	423x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	2	0,13	1	21x2
ТОТ86 ТОТ87 ТОТ88 ТОТ89 ТОТ90	0,63	425	950	1700	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	50x2	0,4x2 3x2 6x2 60x2 123x2	0,6	0,034	2,5	16x2

Продолжение таблицы 4.4

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Входное сопротивление на выводах, Ом			Сопротивление нагрузки на выводах, Ом			Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °C, Ом		Индуктивность, Гн		Ток подмагничивания, мА	Максимальное напряжение на первичной обмотке, В
		1–2	1–3	1–4	5–6	5–7	5–8	первичной	вторичной	первичной обмотки	рассеяния		
ТОТ91 ТОТ92 ТОТ93 ТОТ94 ТОТ95	0,63	590	1350	2400	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	70х2	0,4х2 3х2 6х2 60х2 123х2	0,85	0,05	2,5	19х2
ТОТ96 ТОТ97 ТОТ98 ТОТ99 ТОТ100	0,63	835	1900	3300	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	105х2	0,4х2 3х2 6х2 60х2 123х2	1 15	0,07	2,5	22х2
ТОТ101 ТОТ102 ТОТ103 ТОТ104 ТОТ105	0,63	1200	2750	4600	4 32 64 512 1020	9 72 142 1125 2250	16 128 256 2000 4000	150х2	0,45х2 4х2 8х2 65х2 130х2	1,6	0,1	2,5	27х2
ТОТ106 ТОТ107 ТОТ108 ТОТ109 ТОТ110 ТОТ111	1	150	330	590	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 120 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	19х2	0,65х2 1,8 5 14,5 48 125	0,22	0,012	4	12х2
ТОТ112 ТОТ113 ТОТ114 ТОТ115 ТОТ116 ТОТ117	1	210	475	850	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 120 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	23х2	0,65х2 1,8 5 14,5 48 125	0,3	0,017	4	14х2
ТОТ118 ТОТ119 ТОТ120 ТОТ121 ТОТ122 ТОТ123	1	300	600	1174	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 120 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	30х2	0,65х2 1,8 5 14,5 48 125	0,41	0,024	4	17х2
ТОТ124 ТОТ125 ТОТ126 ТОТ127 ТОТ128 ТОТ129	1	425	950	1700	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 120 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	45х2	0,65х2 1,8 5 14,5 48 125	0,6	0,034	4	21х2
ТОТ130 ТОТ131 ТОТ132 ТОТ133 ТОТ134 ТОТ135	2,5	106	240	425	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	6х2	0,3 0,85 2,5 6,7 19,5 57	0,13	0,008	6	16х2
ТОТ136 ТОТ137 ТОТ138 ТОТ139 ТОТ140 ТОТ141	2,5	150	330	590	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	10,2х2	0,3 0,85 2,5 6,7 19,5 57	0,18	0,012	6	19х2
ТОТ142 ТОТ143 ТОТ144 ТОТ145 ТОТ146 ТОТ147	2,5	210	475	850	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	14,6х2	0,3 0,85 2,5 6,7 19,5 57	0,25	0,017	6	22х2

Окончание таблицы 4.4

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность В А	Входное сопротивление на выводах, Ом			Сопротивление нагрузки на выводах, Ом			Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С Ом		Индуктивность, Гн		Ток подмагничивания, мА	Максимальное напряжение на первичной обмотке В
		1–2	1–3	1–4	5–6	5–7	5–8	первичной	вторичной	первичной обмотки	рассеяния		
ТОТ148 ТОТ149 ТОТ150 ТОТ151 ТОТ152 ТОТ153	2,5	300	660	1175	4 11,2 32	5,6 16 45	8 22,4 64	22x2	0,3 0,85 2,5	0,35	0,024	6	27x2
ТОТ154 ТОТ155 ТОТ156 ТОТ157 ТОТ158 ТОТ159	10	38	85	150	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	1,2x2	0,3 0,86 2,5 6,7 20,8 65	0,045	0,0034	10	19x2
ТОТ160 ТОТ161 ТОТ162 ТОТ163 ТОТ164 ТОТ165	10	53	118	210	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	1,7x2	0,3 0,86 2,5 6,7 20,8 65	0,06	0,0045	10	22x2
ТОТ166 ТОТ167 ТОТ168 ТОТ169 ТОТ170 ТОТ171	10	74	167	296	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	2 1x2	0,3 0,86 2,5 6,7 20,8 65	0,09	0,006	10	27x2
ТОТ172 ТОТ173 ТОТ174 ТОТ175 ТОТ176 ТОТ177	10	106	240	425	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	3,6x2	0,3 0,86 2,5 6,7 20,8 65	0,13	0,08	10	32x2
ТОТ178 ТОТ179 ТОТ180 ТОТ181 ТОТ182 ТОТ183	10	150	330	590	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	5,6x2	0,3 0,86 2,4 6,7 20,8 65	0,18	0,012	10	40x2
ТОТ184 ТОТ185 ТОТ186 ТОТ187 ТОТ188 ТОТ189	10	210	475	850	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	7,8x2	0,3 0,86 2,4 6,7 20,8 65	0,25	0,017	10	48x2
ТОТ202 ТОТ203 ТОТ204 ТОТ205 ТОТ206 ТОТ207	25	13	53	–	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	0,34x2	0,23 0,6 1,7 5,6 17 49	0,012x2	0,0017	50	19x2
ТОТ208 ТОТ209 ТОТ210 ТОТ211 ТОТ212 ТОТ213	25	19	75	–	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	0,5x2	0,23 0,6 1,7 5,6 17 49	0,025	0,025	50	22x2
ТОТ214 ТОТ215 ТОТ216 ТОТ217 ТОТ218 ТОТ219	25	26,5	106	–	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 126 360 1020	8 22,4 64 180 512 1440	0,8x2	0,23 0,6 1,7 5,6 17 49	0,035	0,035	50	27x2

Таблица 4.5. Расчетные значения коэффициентов трансформации выходных (оконечных) сигнальных трансформаторов типа ТОТ

Типономинал трансформатора	Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОТ1	380x2	0,06	0,12	0,12	0,24	–	–	–	–	–
ТОТ2		0,085	0,17	0,17	0,34					
ТОТ3		0,24	0,48	0,48	0,96					
ТОТ4		0,34	0,68	0,68	1,35					
ТОТ5		0,48	0,96	0,96	1,92					
ТОТ6		0,67	1,35	1,35	2,7					
ТОТ7		0,95	1 9	1,9	3,8					
ТОТ8	535x2	0,043	0,085	0,085	0,17	–	–	–	–	–
ТОТ9		0,06	0,12	0,12	0,24					
ТОТ10		0,17	0,34	0,34	0,68					
ТОТ11		0,24	0,48	0,48	0,96					
ТОТ12		0,34	0,68	0,68	0,96					
ТОТ13		0,48	0,96	0,96	1,92					
ТОТ14		0,67	1,35	1,35	2,7					
ТОТ15	750x2	0,031	0,061	0,061	0,122	–	–	–	–	–
ТОТ16		0,043	0,087	0,087	0,174					
ТОТ17		0,12	0,24	0,24	0,48					
ТОТ18		0,17	0,34	0,34	0,68					
ТОТ19		0,24	0,48	0,48	0,96					
ТОТ20		0,34	0,68	0,68	1,36					
ТОТ21		0,48	0,96	0,96	1,92					
ТОТ22	1060x2	0,022	0,043	0,043	0,087	–	–	–	–	–
ТОТ23		0,031	0,061	0,061	0,122					
ТОТ24		0,085	0,17	0,17	0,34					
ТОТ25		0,12	0,24	0,24	0,48					
ТОТ26		0,17	0,34	0,34	0,68					
ТОТ27		0,24	0,48	0,48	0,96					
ТОТ28		0,34	0,68	0,68	1,35					
ТОТ29	1500x2	0,015	0,03	0,03	0,06	–	–	–	–	–
ТОТ30		0,022	0,043	0,043	0,086					
ТОТ31		0,06	0,12	0 12	0,24					
ТОТ32		0,085	0,17	0,17	0,34					
ТОТ33		0,12	0,24	0,24	0,48					
ТОТ34		0,17	0,34	0,34	0,68					
ТОТ35		0 24	0,48	0,48	0,96					
ТОТ36	420x2	0,054	0,08	0,107	0,072	0,107	0,143	0,107	0,16	0,214
ТОТ37		0,15	0,22	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,45	0,6
ТОТ38		0,21	0,31	0,42	0,28	0,42	0,56	0,42	0,62	0,84
ТОТ39		0,6	0,9	1,2	0,8	1,2	1,6	1,2	1,8	2,4
ТОТ40		0,8	1,2	1,6	1,08	1,6	2,1	1,6	2,4	3,2
ТОТ41	500x2	0,045	0,067	0,09	0,06	0,09	0,12	0,09	0,134	0,18
ТОТ42		0,125	0,19	0,25	0,17	0,25	0,33	0,25	0,37	0,5
ТОТ43		0,175	0,26	0,35	0,23	0,35	0,47	0,35	0,52	0,7
ТОТ44		0,5	0,75	1	0,67	1	1,3	1	1,5	2
ТОТ45		0,65	1	1,3	0,9	1,3	1,8	1,3	2	2,6
ТОТ46	600x2	0,038	0,056	0,075	0,05	0,075	0,1	0,075	0,11	0,15
ТОТ47		0,105	0,156	0,21	0,14	0,21	0,28	0,21	0,3	0,42
ТОТ48		0,146	0,22	0,29	0,19	0,29	0,39	0,29	0,44	0,58
ТОТ49		0,415	0,63	0,83	0,56	0,83	1,1	0,83	1,25	1,65
ТОТ50		0,55	0,83	1,1	0,73	1,1	1,47	1,1	1,65	2,2
ТОТ51	720x2	0,031	0,04	0,062	0,042	0,062	0,083	0,062	0,093	0,125
ТОТ52		0,087	0,13	0,175	0,115	0,175	0,23	0,175	0,26	0,35
ТОТ53		0,12	0,18	0,25	0,16	0,24	0,32	0 24	0,36	0,48
ТОТ54		0,35	0,52	0,7	0,46	0,7	0,93	0,7	1,04	1,4
ТОТ55		0,46	0,69	0,92	0,61	0,92	1,22	0,92	1,37	1,84

Продолжение таблицы 4.5

Типономинал трансформатора	Число еитков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОТ56	860x2	0,026	0,039	0,052	0,035	0,052	0,07	0,052	0,079	0,104
ТОТ57		0,073	0,11	0,145	0,097	0,145	0,194	0,145	0,22	0,29
ТОТ58		0,102	0,15	0,204	0,135	0,204	0,27	0,204	0,3	0,41
ТОТ59		0,29	0,44	0,58	0,39	0,58	0,78	0,58	0,88	1,16
ТОТ60		0,385	0,58	0,77	0,51	0,77	1	0,77	1,15	1,54
ТОТ61	330x2	0,053	0,08	0,105	0,07	0,105	0,14	0,105	0,16	0,21
ТОТ62		0,15	0,23	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,46	0,6
ТОТ63		0,21	0,32	0,42	0,28	0,42	0,56	0,42	0,64	0,85
ТОТ64		0,61	0,9	1,2	0,8	1,2	1,6	1,2	1,8	2,4
ТОТ65		0,8	1,2	1,6	1,1	1,6	2,2	1,6	2,4	3,2
ТОТ66	400x2	0,044	0,065	0,09	0,058	0,09	0,116	0,09	0,13	0,176
ТОТ67		0,125	0,19	0,25	0,167	0,25	0,33	0,25	0,37	0,5
ТОТ68		0,175	0,263	0,35	0,233	0,35	0,47	0,35	0,53	0,7
ТОТ69		0,5	0,75	1	0,67	1	1,3	1	1,5	2
ТОТ70		0,65	1	1,3	0,89	1,3	1,8	1,3	2	2,6
ТОТ71	480x2	0,037	0,055	0,075	0,049	0,073	0,097	0,075	0,11	0,15
ТОТ72		0,105	0,156	0,21	0,14	0,21	0,28	0,21	0,31	0,42
ТОТ73		0,146	0,22	0,29	0,195	0,29	0,39	0,29	0,44	0,58
ТОТ74		0,415	0,67	0,83	0,56	0,83	1,1	0,83	1,25	1,65
ТОТ75		0,55	0,83	1,1	0,74	1,08	1,5	1,1	1,66	2,2
ТОТ76	580x2	0,03	0,045	0,068	0,04	0,06	0,08	0,06	0,09	0,12
ТОТ77		0,087	0,13	0,17	0,115	0,1	0,29	0,17	0,26	0,34
ТОТ78		0,12	0,18	0,24	0,16	0,24	0,32	0,24	0,36	0,48
ТОТ79		0,345	0,52	0,69	0,46	0,69	0,92	0,69	1,04	1,38
ТОТ80		0,45	0,68	0,9	0,61	0,9	1,2	0,9	1,37	1,8
ТОТ81	700x2	0,025	0,037	0,05	0,033	0,05	0,067	0,05	0,075	0,1
ТОТ82		0,072	0,107	0,145	0,095	0,145	0,19	0,145	0,215	0,29
ТОТ83		0,1	0,15	0,2	0,133	0,2	0,27	0,2	0,3	0,4
ТОТ84		0,29	0,43	0,57	0,38	0,57	0,76	0,57	0,86	1,14
ТОТ85		0,38	0,64	0,76	0,51	0,76	1	0,76	1,3	1,5
ТОТ86	530x2	0,05	0,079	0,106	0,07	0,106	0,14	0,106	0,16	0,212
ТОТ87		0,15	0,225	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,45	0,6
ТОТ88		0,21	0,32	0,42	0,28	0,42	0,56	0,42	0,64	0,85
ТОТ89		0,55	0,82	1,1	0,73	1,1	1,46	1,1	1,65	2,2
ТОТ90		0,8	1,2	1,6	1,07	1,6	2,14	1,6	2,4	3,2
ТОТ91	630x2	0,045	0,067	0,09	0,06	0,09	0,12	0,09	0,134	0,18
ТОТ92		0,125	0,19	0,25	0,167	0,25	0,335	0,25	0,38	0,5
ТОТ93		0,175	0,26	0,35	0,236	0,35	0,47	0,35	0,525	0,7
ТОТ94		0,5	0,75	1	0,67	1	1,33	1	1,5	2
ТОТ95		0,7	1,05	1,4	0,93	1,4	1,86	1,4	2,1	2,8
ТОТ96	736x2	0,038	0,057	0,075	0,051	0,075	0,1	0,075	0,114	0,15
ТОТ97		0,106	0,16	0,21	0,14	0,21	0,28	0,21	0,32	0,42
ТОТ98		0,145	0,22	0,29	0,195	0,29	0,39	0,29	0,44	0,58
ТОТ99		0,415	0,62	0,83	0,55	0,83	1,1	0,83	1,25	1,65
ТОТ100		0,58	0,85	1,16	0,77	1,16	1,55	1,16	1,7	2,3
ТОТ101	870x2	0,031	0,047	0,062	0,041	0,062	0,083	0,062	0,093	0,124
ТОТ102		0,087	0,131	0,175	0,116	0,175	0,23	0,175	0,263	0,35
ТОТ103		0,12	0,18	0,24	0,16	0,24	0,32	0,24	0,36	0,48
ТОТ104		0,34	0,52	0,69	0,46	0,69	0,92	0,69	1,04	1,38
ТОТ105		0,485	0,725	0,96	0,64	0,96	1,28	0,96	1,45	1,93

Продолжение таблицы 4.5

Типономинал трансформатора	Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОТ106	350x2	0,09	0,11	0,13	0,12	0,145	0,173	0,18	0,218	0,26
ТОТ107		0,15	0,18	0,21	0,2	0,24	0,28	0,3	0,36	0,42
ТОТ108		0,25	0,3	0,35	0,334	0,4	0,47	0,5	0,6	0,7
ТОТ109		0,42	0,51	0,6	0,57	0,68	0,8	0,85	1,02	1,2
ТОТ110		0,73	0,89	1	0,97	1,2	1,33	1,45	1,77	2
ТОТ111		1,2	1,45	1,7	1,6	1,94	2,36	2,4	2,9	3,4
ТОТ112	400x2	0,075	0,092	0,108	0,1	0,12	0,144	0,15	0,184	0,215
ТОТ113		0,125	0,15	0,175	0,165	0,2	0,23	0,25	0,3	0,35
ТОТ114		0,216	0,255	0,3	0,28	0,34	0,4	0,42	0,51	0,6
ТОТ115		0,35	0,416	0,5	0,47	0,55	0,67	0,7	0,83	1
ТОТ116		0,6	0,74	0,86	0,8	0,98	1,25	1,2	1,47	1,72
ТОТ117		1	1,2	1,4	1,33	1,6	1,86	2	2,4	2,8
ТОТ118	450x2	0,064	0,075	0,09	0,085	0,1	0,12	0,127	0,15	0,18
ТОТ119		0,105	0,123	0,15	0,14	0,17	0,2	0,21	0,255	0,3
ТОТ120		0,175	0,21	0,25	0,335	0,28	0,33	0,35	0,42	0,5
ТОТ121		0,3	0,35	0,42	0,39	0,47	0,56	0,59	0,7	0,84
ТОТ122		0,5	0,62	0,72	0,67	0,82	0,96	1	1,23	1,44
ТОТ123		0,85	1,08	1,2	1,13	1,44	1,6	1,7	2,15	2,4
ТОТ124	550x2	0,052	0,063	0,076	0,07	0,085	0,1	0,105	0,127	0,15
ТОТ125		0,082	0,1	0,12	0,11	0,133	0,16	0,164	0,2	0,24
ТОТ126		0,15	0,18	0,31	0,2	0,24	0,28	0,3	0,36	0,42
ТОТ127		0,25	0,3	0,36	0,334	0,4	0,49	0,5	0,6	0,72
ТОТ128		0,42	0,51	0,6	0,56	0,68	0,8	0,85	1,02	1,2
ТОТ129		0,7	0,85	1	0,93	1,13	1,33	1,4	1,7	2
ТОТ130	230x2	0,105	0,125	0,15	0,14	0,17	0,2	0,21	0,25	0,3
ТОТ131		0,17	0,204	0,244	0,23	0,27	0,33	0,34	0,41	0,49
ТОТ132		0,3	0,36	0,43	0,4	0,48	0,57	0,6	0,73	0,85
ТОТ133		0,5	0,61	0,72	0,67	0,81	0,96	1	1,22	1,44
ТОТ134		0,85	1,64	1,22	1,14	1,4	1,63	1,7	2,1	2,44
ТОТ135		1,45	1,75	2,07	1,93	2,34	2,76	2,9	3,5	4,14
ТОТ136	280x2	0,086	0,104	0,123	0,114	0,138	0,164	0,17	0,207	0,247
ТОТ137		0,14	0,168	0,2	0,187	0,224	0,266	0,28	0,336	0,4
ТОТ138		0,244	0,3	0,35	0,33	0,4	0,47	0,49	0,59	0,7
ТОТ139		0,41	0,5	0,59	0,55	0,67	0,79	0,82	1	1,18
ТОТ140		0,7	0,85	1	0,93	1,24	1,33	1,4	1,7	2
ТОТ141		1,2	1,44	1,77	1,6	1,92	2,3	2,4	2,98	3 4
ТОТ142	330x2	0,073	0,088	0,105	0,097	0,117	0,14	0,146	0,176	0,21
ТОТ143		0,118	0,142	0,17	0,157	0,19	0,23	0,236	0,285	0,34
ТОТ144		0,107	0,25	0,3	0,28	0,34	0,4	0,414	0,5	0,59
ТОТ145		0,35	0,42	0,5	0,47	0,57	0,67	0,7	0,85	1
ТОТ146		0,59	0,72	0,85	0,79	0,96	1,13	01,2	1,44	1,7
ТОТ147		1	1,22	1,44	1,32	1,63	1,9	2	2,44	2,9
ТОТ148	400x2	0,06	0,073	0,087	0,08	0,097	0,115	0,12	0,145	0,173
ТОТ149		0,098	0,117	0,114	0,113	0,157	0,187	0,195	0,295	0,28
ТОТ150		0,17	0,207	0,244	0,23	0,276	0,33	0,34	0,415	0,49
ТОТ151		0,29	0,35	0,41	0,385	0,47	0,55	0,58	0,7	0,83
ТОТ152		0,49	0,6	0,7	0,65	0,8	0,93	0,98	1,2	1,44
ТОТ153		0,83	1	1,19	1,1	1,34	1,6	1,66	2	2,38
ТОТ154	130x2	0,173	0,212	0,25	0,23	0,28	0,33	0,35	0,42	0,5
ТОТ155		0,3	0,36	0,42	0,39	0,475	0,56	0,59	0,71	0,845
ТОТ156		0,49	0,59	0,69	0,65	0,79	0,92	0,97	1,18	1,38
ТОТ157		0,81	1	1,15	1,08	1,32	1,54	1,6	2	2,3
ТОТ158		1,39	1,7	2	1,85	2,26	2,56	2,8	3,4	4
ТОТ159		2,3	2,8	3,3	3,07	3,7	1,4	4,6	5,5	6,6

Окончание таблицы 4.5

Типономинал трансформатора	Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОТ160	156х2	0,144	0,176	0,208	0,193	0,234	0,28	0,29	0,35	0,417
ТОТ161	156х2	0,25	0,3	0,35	0,33	0,4	0,47	0,49	0,6	0,7
ТОТ162	156х2	0,405	0,49	0,58	0,54	0,65	0,77	0,81	0,98	1,16
ТОТ163	156х2	0,67	0,82	0,97	0,9	1,1	1,3	1,34	1,64	1,93
ТОТ164	156х2	1,17	1,42	1,67	1,56	1,89	2,2	2,34	2,84	3,34
ТОТ165	156х2	1,93	2,34	2,76	2,6	3,1	3,7	3,86	4,7	5,5
ТОТ166	186х2	0,12	0,15	0,175	0,16	0,197	0,23	0,25	0,296	0,35
ТОТ167	186х2	0,21	0,25	0,3	0,28	0,33	0,4	0,415	0,5	0,59
ТОТ168	186х2	0,34	0,41	0,48	0,45	0,55	0,65	0,68	0,82	0,97
ТОТ169	186х2	0,57	0,69	0,81	0,75	0,91	1,07	1,14	1,37	1,62
ТОТ170	186х2	0,98	1,2	1,4	1,3	1,58	1,86	1,96	2,38	2,8
ТОТ171	186х2	1,62	1,96	2,3	2,15	2,6	3,1	3,24	3,9	4.6
ТОТ172	224х2	0,1	0,123	0,145	0,134	0,164	0,193	0,2	0,246	0,29
ТОТ173	224х2	0,173	0,207	0,346	0,23	0,28	0,33	0,346	0,414	0,49
ТОТ174	224х2	0,28	0,39	0,4	0,374	0,46	0,53	0,56	0,68	0,8
ТОТ175	224х2	0,47	0,57	0,67	0,625	0,76	0,9	0,94	1,14	1,34
ТОТ176	224х2	0,81	1	1,16	1,08	1,32	1,56	1,63	1,97	2,32
ТОТ177	224х2	1,34	1,63	1,9	1,78	2,26	2,6	2,7	3,26	3,84
ТОТ178	270х2	0,084	0,1	0,122	0,11	0,136	0,162	0,167	0,204	0,24
ТОТ179	270х2	0,143	0,172	0,204	0,19	0,23	0,27	0,285	0,345	0,408
ТОТ180	270х2	0,23	0,234	0,33	0,31	0,38	0,45	0,47	0,57	0,67
ТОТ181	270х2	0,39	0,47	0,56	0,53	0,63	0,75	0,78	0,94	1,12
ТОТ182	270х2	0,68	0,82	0,96	0,9	1,1	1,28	1,35	1,64	1,93
ТОТ183	270х2	1,1	1,35	1,6	1,48	1,8	2,12	2,2	2,7	3,2
ТОТ184	325х2	0,069	0,085	0,1	0,093	0,113	0,133	0,14	0,17	0,2
ТОТ185	325х2	0,12	0,143	0,17	0,16	0,19	0,32	0,24	0,286	0,34
ТОТ186	325х2	0,2	0,295	0,276	0,26	0,314	0,37	0,39	0,47	0,55
ТОТ187	325х2	0,32	0,39	0,46	0,43	0,52	0,61	0,65	0,785	0,92
ТОТ188	325х2	0,56	0,68	0,8	0,75	0,91	1,07	1,12	1,36	1,6
ТОТ189	325х2	0,92	1,13	1,32	1,24	1,5	1,76	1,85	2,25	2,65
ТОТ202	75х2	0,3	0,35	0,42	0,6	0,7	0,84	–	–	–
ТОТ203	75х2	0,5	0,6	0,7	1	1,2	1,42	–	–	–
ТОТ204	75х2	0,85	1	1,2	1,7	2	2,4	–	–	–
ТОТ205	75х2	1,42	1,7	2	2,84	3,4	4	–	–	–
ТОТ206	75х2	2,4	2,84	3,4	4,8	5,78	6,8	–	–	–
ТОТ207	75х2	4	4,8	5,78	8	9,6	11,56	–	–	–
ТОТ208	90х2	0,25	0,3	0,35	0,5	0,6	0,7	–	–	–
ТОТ209	90х2	0,42	0,5	0,6	0,84	1	1,2	–	–	–
ТОТ210	90х2	0,7	0,85	1	1,42	1,7	2	–	–	–
ТОТ211	90х2	1,2	1,42	1,7	2,4	2,84	3,4	–	–	–
ТОТ212	90х2	2	2,4	2,84	4	4,8	5,78	–	–	–
ТОТ213	90х2	3,4	4	4,8	6,8	8	9,6	–	–	–
ТОТ214	110х2	0,21	0,25	0,3	0,42	0,5	0,6	–	–	–
ТОТ215	110х2	0,35	0,42	0,5	0,7	0,84	1	–	–	–
ТОТ216	110х2	0,6	0,7	0,85	1,2	1,4	1,7	–	–	–
ТОТ217	110х2	1	1,2	1,42	2	2,4	2,87	–	–	–
ТОТ218	110х2	1,7	2	2,4	3,4	4	4,8	–	–	–
ТОТ219	110х2	2,84	2,84	4	5,78	6,8	8	–	–	–

Дополнительные параметры и пределы изменения основных и дополнительных электромагнитных параметров трансформаторов типа ТОТ

Рабочий диапазон эффективно воспроизводимых частот — 300...10 000 Гц

Диапазон номинальной мощности — 0,025...25 В · А

Диапазон резонансных частот	800.. 1 000 Гц
Максимальное напряжение первичной обмотки	100 В
Максимальное значение испытательного напряжения	500 В
Коэффициент нелинейных искажений на граничных частотах полосы эффективно воспроизводимых частот (полосы пропускания) 300 10 000 Гц, не более	5%
Коэффициент амплитудно-частотных искажений в диапазоне частот 300. 10 000 Гц, не более	2 дБ
Максимальная амплитуда переменного входного напряжения	140 В
Асимметрия напряжений частей обмоток трансформаторов с одинаковым числом витков, не более	3%
Пределы изменения входных сопротивлений трансформаторов	13...22 000 Ом
Значения коэффициентов трансформации	(см табл. 4.5)
Сопротивления нагрузки	4... 4 000 Ом
Максимальное отклонение коэффициента трансформации	± 5%
Сопротивление изоляции обмоток, не менее	1,0 МОм
Максимальное постоянное напряжение на обмотках по отношению к магнитопроводу	100 В

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТОТ

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °С
повышенная предельная	+ 125 °С
пониженная рабочая	– 45 °С
пониженная предельная	– 60 °С
пониженная транспортировки	– 60 °С
смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60 ..+ 125 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 25 °С, не более	93 ± 3%
Атмосферное давление воздуха:	
пониженное рабочее	12,1 кПа (90 мм рт.ст.)
пониженное предельное	0,67 кПа (5 мм рт ст)
повышенное рабочее	107 кПа (800мм рт.ст)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 1.. 2 000 Гц с ускорением, не более	98,1 м/с^2 (10g)
Многократные удары длительностью 1. .5 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 0,2 . 1 мс с ускорением, не более	4 905 м/с^2 (500g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50. 10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	160 дБ
Климатическое исполнение	УХЛ или В
Степень жесткости по влажности	VI

4.3. Трансформаторы согласующие низкочастотные типа ТОЛ

Трансформаторы согласующие сигнальные низкочастотные типа ТОЛ предназначены для работы в умеренно холодном и тропическом климатах при температуре окружающей среды – 60 ..+ 125 °С и относительной влажности до 98% при температуре + 40 °С. Трансформаторы применяются в усилителях звуковой частоты, в схемах низкочастотных трактов, в приборах и РЭА, выполненных на ППП, микросхемах и электровакуумных приборах с применением печатного монтажа.

Конструкция и размеры

Трансформаторы типа ТОЛ изготавливаются в климатических исполнениях УХЛ и В, нормы и характеристики которых приведены в первой главе. В зависимости от места размещения трансформаторы изготавливаются по категориям размещения, виды которых в обобщенной форме приведены в табл 1.4. Значения температуры окружающего воздуха при эксплуатации трансформаторов типа ТОЛ, в зависимости от исполнения и категории размещения, приведены в табл. 1.8. Рабочие значения температуры воздуха и относительной влажности при заданной продолжительности воздействия приведены в табл. 1.9.

Промышленностью изготавливается один тип и 71 типоразмер трансформаторов типа ТОЛ унифицированного конструктивного ряда на магнитопроводах стандартизованной броневой конструкции. Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТОЛ показаны на рис. 4.3, 4.4 Конструктивные размеры трансформаторов приведены в табл 4 6.

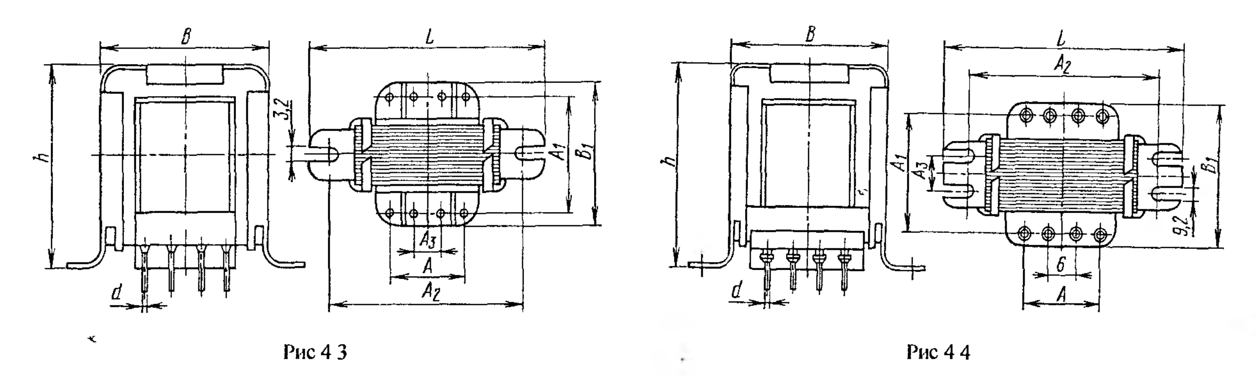


Рис 4 3 Рис 4 4

Таблица 4.6. Конструктивные размеры согласующих низкочастотных трансформаторов типа ТОЛ

Типономинал трансформатора	Рисунок	Размеры, мм									
		A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	L	H	h	d
ТОЛ1 — ТОЛ18	3 3	9	15	25	3	22	21	30	25,5	19	0,8
ТОЛ19 — ТОЛ30	3 3	9	18	34	3	27	23	40	32,5	26	0,8
ТОЛ31 — ТОЛ42	3 3	18	24	42	6	36	31	48	39,5	33	1
ТОЛ43 — ТОЛ54	3 4	18	30	42	8	36	35	48	39,5	33	1
ТОЛ55 — ТОЛ72	3.4	24	36	52	10	46	43	56	47	40	1

Современная технология изготовления и конструкция трансформаторов обеспечивает функционирование без обрывов в обмотках и других повреждений, а также появления следов коррозии на металлических деталях, устойчивую эксплуатацию при многократном циклическом воздействии температур в широком диапазоне и воздействии механических факторов, при этом изменение индуктивности и основных электромагнитных параметров трансформаторов не превышает 10% от значений, измеренных до воздействия указанных факторов. Конструкция трансформаторов разработана для монтажа на печатной плате, с дополнительным креплением винтами. При установке трансформаторов на печатной плате выводы пропускают через отверстия, подгибают вдоль печатных проводников на 1,5...2 мм и припаивают припоем ПОС–60. Конфигурация цоколей трансформаторов соответствует конфигурации цоколей электровакуумных приборов микроминиатюрного исполнения. На цоколе трансформатора имеется ключ и дополнительная маркировка первого вывода трансформатора Первый вывод маркируется, как правило, красной точ-

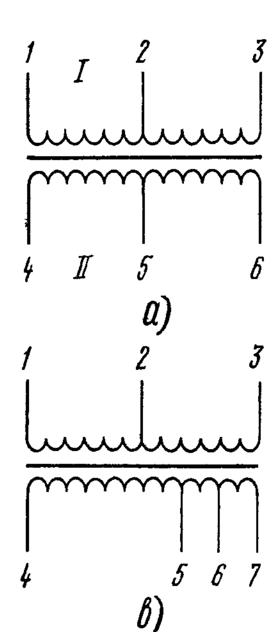
кой на боковой поверхности трансформатора. Нумерация выводов производится от 1-го вывода слева направо по часовой стрелке со стороны монтажа. При этом первый вывод относительно ключа располагается в левом верхнем углу. Ключом является закругленный выступающий угол каркаса, расположенный сверху справа

Каркас трансформатора получает дополнительную жесткость за счет армирования его металлическими монтажными выводами, расстояние между которыми соответствует шагу координатной сетки печатной платы Для изготовления трансформаторов типа ТОЛ применяются пластинчатые магнитопроводы броневой конструкции, изготавливаемые из холоднокатаной ленты с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией технического насыщения марки 45Н, 50Н или 50НУ Перечень применяемых магнитопроводов и значения предельной массы трансформаторов типа ТОЛ приведены в табл 4 7 Конструкция трансформаторов обеспечивает также необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток при воздействии различных механических и климатических факторов

Таблица 4.7. Перечень магнитопроводов, применяемых в выходных трансформаторах типа ТОЛ

Обозначение трансформатора	Обозначение магнитопровода	Марка материала магнитопровода	Масса, не более, г
ТОЛ1 — ТОЛ18	ШВ4x8	45Н, 50Н	27
ТОЛ19 — ТОЛ30	ША6x8	50Н, 50НУ	45
ТОЛ31 — ТОЛ42	ША8x10	50Н	100
ТОЛ43 — ТОЛ54	ША8x16	50Н	150
ТОЛ55 — ТОЛ72	ША10x20	45Н, 50Н	280

Трансформаторам присвоено сокращенное буквенное обозначение — ТОЛ, где первая буква Т обозначает «трансформатор», вторая буква О — «оконечный» (выходной), третья буква Л — «ламповый» Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при заказе и при разработке конструкторской документации Условное обозначение состоит из сокращенного обозначения типа трансформатора, обозначения типономинала, буквы М (для трансформаторов залитых в форму) и обозначения ГОСТ или ТУ, по которым производится поставка трансформаторов заказчику Пример условного обозначения трансформатора выходного низкочастотного с порядковым номером 55 — «Трансформатор ТОЛ55»



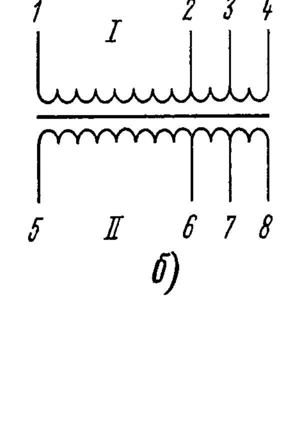


Рис 4 5 Электрические схемы трансформаторов типа ТОЛ

Основные параметры

Выходные (оконечные) трансформаторы типа ТОЛ рассчитаны на выходную мощность в пределах 0,1 ..6 Вт, с неравномерностью частотной характеристики на граничных частотах не более 2 дБ и коэффициентом нелинейных искажений не более 5%. Основные электромагнитные параметры и технические характеристики трансформаторов низкочастотных типа ТОЛ приведены в табл. 4.8 и 4.9. Расчетные значения коэффициентов трансформации трансформаторов приведены в табл. 4.10 Принципиальные электрические схемы трансформаторов типа ТОЛ показаны на рис. 4.5 Дополнительные параметры и характеристики трансформаторов рассмотрены ниже. Коэффициенты трансформации, приведенные в табл 4 10, рассчитаны по следующим формулам

для трансформаторов ТОЛ1 — ТОЛ54

$n_1 = W_{5-6} / W_{1-4}$; $n_2 = W_{5-7} / W_{1-4}$; $n_3 = W_{5-8} / W_{1-4}$,
$n_4 = W_{5-6} / W_{1-3}$, $n_5 = W_{5-7} / W_{1-3}$;
$n_6 = W_{5-8} / W_{1-3}$; $n_7 = W_{5-6} / W_{1-2}$; $n_8 = W_{5-7} / W_{1-2}$;
$n_9 = W_{5-8} / W_{1-2}$

для трансформаторов ТОЛ55 — ТОЛ72
$n_1 = W_{4-5} / W_{1-3}$, $n_2 = W_{4-6} / W_{1-3}$, $n_3 = W_{4-7} / W_{1-3}$,
$n_4 = W_{4-5} / W_{1-2}$; $n_5 = W_{4-6} / W_{1-2}$; $n_6 = W_{4-7} / W_{1-2}$,

где W_{1-2}, W_{1-3}, W_{1-4}, W_{4-5}, W_{4-6}, W_{4-7}, W_{5-6}, W_{5-7}, W_{5-8} — числа витков обмоток с выводами 1–2, 1–3, 1–4, 4–5, 4–6, 4–7, 5–6, 5–7 и 5–8 соответственно.

Дополнительные параметры трансформаторов ТОЛ

Диапазон эффективно воспроизводимых частот	300...10 000 Гц
Номинальная выходная мощность	0,1. 6 В · А
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	2 дБ
Коэффициент амплитудно-частотных искажений в диапазоне частот 300. .10 000 Гц, не более	± 2 дБ
Резонансная частота трансформатора, не выше	1 000 Гц
Максимально допустимое испытательное напряжение на любой обмотке	500 В
Асимметрия по напряжению у всех симметричных обмоток, со средним выводом и без него, не более	3%
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не более	100 МОм
95%-ный ресурс в предельных режимах эксплуатации, не менее	20 000 ч
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 5%
Допускаемая растягивающая сила на выводах трансформатора	10 кгс
Минимальная наработка на отказ	10 000 ч
Минимальный срок сохранности	10 лет

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТОЛ

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °С
повышенная предельная	+ 125 °С
пониженная рабочая	– 60 °С
пониженная предельная	– 60 °С
пониженная транспортировки	– 60 °С
Температура перегрева обмоток	+ 55 °С
Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60 +125 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 40 °С, не более	98%
Атмосферное давление воздуха.	
пониженное рабочее	53,3 кПа (400 мм рт.ст.)
пониженное предельное	0,67 кПа (5 мм рт.ст.)
повышенное рабочее	3 кгс/см^2
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...2 000 Гц с ускорением, не более	98,1 м/с^2 (10g)
Многократные удары длительностью 1. .3 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)

Одиночные удары длительностью 0,2...1 мс с ускорением, не более	9 810 м/с^2 (1000g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	492 м/с^2 (50g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50 ..10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	160 дБ

Таблица 4.8. Основные электромагнитные параметры выходных трансформаторов типа ТОЛ

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Входное сопротивление на выводах Ом			Сопротивление нагрузки на выводах Ом			Индуктивность Гн		Сопротивление обмоток посто-янному току при + 20 °С, Ом		Ток подмагничивания мА	Максимальное напряжение на первичной обмотке, В
		1–2	1–3	1–4	5–6	5–7	5–8	первичной об-мотки	рассеяния	первичной	вторичной		
ТОЛ1 ТОЛ2 ТОЛ3	0,1	6,6	9,2	13,2	64 180 512	90 256 720	128 360 1000	4	0,3	1900	13 37 100	5	36
ТОЛ4 ТОЛ5 ТОЛ6		19	26,4	37,6	64 180 512	90 256 720	128 360 1000	11	0,85	5800	13 37 100	3	60
ТОЛ7 ТОЛ8 ТОЛ9 ТОЛ10 ТОЛ11 ТОЛ12	0,25	3,3	4,6	6,6	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	2	0,15	1040	1,6 5,2 11,7 65 195 625	9	40
ТОЛ13 ТОЛ14 ТОЛ15 ТОЛ16 ТОЛ17 ТОЛ18		9,5	13,2	19	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	5,6	0,4	4550	1,6 5,2 11,7 65 195 625	5	67
ТОЛ19 ТОЛ20 ТОЛ21 ТОЛ22 ТОЛ23 ТОЛ24	0,63	1,65	2,35	3,3	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	1,15	0,07	1800	1,4 3 9,7 30 91 273	23	45
ТОЛ25 ТОЛ26 ТОЛ27 ТОЛ28 ТОЛ29 ТОЛ30		4,7	6,6	9,5	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	3,3	0,2	790	1,4 3 9,7 30 91 273	14	76
ТОЛ31 ТОЛ32 ТОЛ33 ТОЛ34 ТОЛ35 ТОЛ36	1	1,65	2,35	3,3	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	1	0,07	195	0,9 2,8 7,8 23,4 66,3 198	29	57
ТОЛ37 ТОЛ38 ТОЛ39 ТОЛ40 ТОЛ41 ТОЛ42		4,7	6,6	9,5	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	3	0,2	560	0,8 1,9 7,8 23,4 54,6 169	17	95
ТОЛ43 ТОЛ44 ТОЛ45 ТОЛ46 ТОЛ47 ТОЛ48	2 5	1,65	2,35	3,3	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	1	0,07	156	0,8 1,9 5,8 16,9 54,6 169	23	45
ТОЛ49 ТОЛ50 ТОЛ51 ТОЛ52 ТОЛ53 ТОЛ54		4,7	6,6	9 5	4 11,2 32 90 256 720	5,6 16 45 128 360 1000	8 22,5 64 180 512 1440	3	0,2	429	0,8 1,9 5,8 16,9 54,6 169	14	76

Таблица 4.9. Основные электромагнитные параметры согласующих выходных трансформаторов типа ТОЛ55 — ТОЛ72

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Входное сопротивление на выводах, Ом		Сопротивление нагрузки на выводах, Ом			Индуктивность, Гн		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Ток подмагничивания, мА	Максимальное напряжение на первичной обмотке, В
		1–2	1–3	4–5	4–6	4–7	первичной обмотки	рассеяния	первичной	вторичной		
ТОЛ55	6,3	3,3	13,2	4	5,6	8	4	0,4	208x2	0,52	5	145x2
ТОЛ56				11,2	16	22,5				1,5		
ТОЛ57				32	45	64				4,5		
ТОЛ58				90	128	180				14,3		
ТОЛ59				256	360	512				45,5		
ТОЛ60				720	1000	1440				104		
ТОЛ61		4,7	19	4	5,6	8	5,6	0,56	345x2	0,52	5	175x2
ТОЛ62				11,2	16	22,5				1,5		
ТОЛ63				32	45	64				4,5		
ТОЛ64				90	128	180				14,3		
ТОЛ65				256	360	512				45,5		
ТОЛ66				720	1000	1440				104		
ТОЛ67		6,6	26 4	4	5,6	8	7,8	0,78	600x2	0,52	5	205x2
ТОЛ68				11,2	16	22 5				1,5		
ТОЛ69				32	45	64				4,5		
ТОЛ70				90	128	180				14,3		
ТОЛ71				256	360	512				45,5		
ТОЛ72				720	1000	1440				104		

Таблица 4.10. Расчетные значения коэффициентов трансформации выходных трансформаторов типа ТОЛ

Обозначение трансформатора	Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОЛ1	3200	0,07	0,085	0,1	0,08	0,1	0,12	0,1	0,12	0,14
ТОЛ2		0,12	0,14	0,17	0,14	0,17	0,2	0,17	0,205	0,24
ТОЛ3		0,2	0,24	0,29	0,23	0,28	0,34	0,28	0,345	0,41
ТОЛ4	5300	0,041	0,05	0,059	0,069	0,059	0,069	0,059	0,071	0,084
ТОЛ5		0,07	0,085	0,1	0,083	0,1	0,12	0,1	0,12	0,143
ТОЛ6		0,115	0,14	0,165	0,14	0,165	0,195	0,165	0,2	0,24
ТОЛ7	2500	0,025	0,03	0,036	0,03	0,036	0,042	0,036	0,044	0,052
ТОЛ8		0,042	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07	0,085
ТОЛ9		0,073	0,085	0,1	0,083	0,1	0,12	0,1	0,12	0,143
ТОЛ10		0,125	0,15	0,18	0,15	0,18	0,2	0,18	0,2	0,26
ТОЛ11		0,21	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35	0,3	0,35	0,43
ТОЛ12		0,35	0,43	0,5	0,41	0,5	0,59	0,5	0,6	0,72
ТОЛ13	4200	0,015	0,018	0,021	0,18	0,0214	0,025	0,0214	0,026	0,031
ТОЛ14		0,025	0,03	0,036	0,03	0,036	0,042	0,036	0,044	0,05
ТОЛ15		0,042	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07	0,085
ТОЛ16		0,075	0,09	0,107	0,09	0,107	0,13	0,107	0,13	0,154
ТОЛ17		0,125	0,15	0,18	0,15	0,18	0,21	0,18	0,215	0,26
ТОЛ18		0,21	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35	0,3	0,35	0,43
ТОЛ19	1800	0,035	0,042	0,05	0,041	0,05	0,06	0,05	0,06	0,072
ТОЛ20		0,058	0,07	0,083	0,069	0,083	0,098	0,083	0,098	0,12
ТОЛ21		0,097	0,12	0,14	0,114	0,14	0,16	0,14	0,17	0,2
ТОЛ22		0,175	0,21	0,25	0,206	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35
ТОЛ23		0,29	0,35	0,42	0,34	0,42	0,49	0,42	0,5	0,6
ТОЛ24		0,49	0,59	0,7	0,57	0,69	0,82	0,69	0,85	1
ТОЛ25	3100	0,02	0,024	0,029	0,024	0,029	0,034	0,029	0,035	0,042
ТОЛ26		0,034	0,041	0,048	0,04	0,048	0,057	0,048	0,059	0,069
ТОЛ27		0,057	0,068	0,08	0,067	0,08	0,095	0,08	0,098	0,115
ТОЛ28		0,1	0,123	0,145	0,12	0,145	0,17	0,145	0,176	0,21
ТОЛ29		0,17	0,2	0,24	0,2	0,24	0,29	0,24	0,29	0,35
ТОЛ30		0,28	0,34	0,4	0,33	0,4	0,48	0,4	0,49	0,58

Продолжение таблицы 4.10

Обозначение трансформатора	Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации								
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
ТОЛ31	1800	0,035	0,042	0,5	0,042	0,05	0,059	0,05	0,06	0,07
ТОЛ32		0,058	0,07	0,083	0,069	0,083	0,098	0,083	0,1	0,12
ТОЛ33		0,097	0,12	0,14	0,114	0,14	0,164	0,14	0,17	0,2
ТОЛ34		0,175	0,21	0,25	0,206	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35
ТОЛ35		0,29	0 36	0,425	0,34	0,415	0,49	0,415	0,5	0,6
ТОЛ36		0,485	0,59	0,7	0,57	0,7	0,815	0,7	0,84	1
ТОЛ37	3100	0,02	0,025	0,029	0,024	0,029	0,034	0,029	0,035	0,041
ТОЛ38		0,034	0,041	0,049	0,04	0,048	0,057	0,048	0,059	0,07
ТОЛ39		0,057	0,069	0,081	0,067	0,081	0,095	0,081	0,098	0,12
ТОЛ40		0,1	0,123	0,145	0,12	0,145	0,17	0,145	0,176	0,2
ТОЛ41		0,17	0,206	0,24	0,2	0,24	0,3	0,24	0,3	0,35
ТОЛ42		0,28	0,34	0,4	0,33	0,4	0,5	0,4	0,49	0,06
ТОЛ43	1500	0,042	0,05	0,06	0,05	0,06	0,087	0,06	0,073	0,086
ТОЛ44		0,07	0,085	0,1	0,083	0,1	0,118	0,1	0,12	0,14
ТОЛ45		0,117	0,14	0,167	0,137	0,166	0,2	0,166	0,2	0,24
ТОЛ46		0,21	0,26	0,3	0,2	0,3	0,35	0,3	0,36	0,43
ТОЛ47		0,35	0,42	0,5	0,41	0,5	0,59	0,5	0,6	0,72
ТОЛ48		0,58	0,71	0,83	0,69	0,83	1	0,83	1	1,2
ТОЛ49	2550	0,025	0,03	0,035	0,029	0,035	0,042	0,035	0,042	0,05
ТОЛ50		0,41	0,05	0,059	0,048	0,059	0,069	0,059	0,071	0,084
ТОЛ51		0,069	0,083	0,1	0,081	0,1	0,115	0,1	0,12	0,14
ТОЛ52		0,123	0,15	0,176	0,145	0,176	0,145	0,176	0,21	0,25
ТОЛ53		0,206	0,25	0,29	0,24	0,29	0,35	0,29	0,36	0,42
ТОЛ54		0,34	0,42	0,49	0,4	0,49	0,58	0,49	0,6	0,7
ТОЛ55	1750x2	0,018	0,0216	0,026	0,036	0,043	0,052	–	–	–
ТОЛ56		0,03	0,036	0,043	0,06	0,073	0,086			
ТОЛ57		0,05	0,06	0,072	0,1	0,12	0,143			
ТОЛ58		0,087	0,11	0,13	0,174	0,22	0,25			
ТОЛ59		0 15	0,18	0,214	0,3	0,36	0,43			
ТОЛ60		0,25	0,3	0.36	0,5	0,6	0,72			
ТОЛ61	2100x2	0,015	0,018	0,021	0,03	0,036	0,043	–	–	–
ТОЛ62		0,025	0,03	0,036	0,05	0,06	0,72			
ТОЛ63		0,042	0,051	0,06	0,083	0,1	0,12			
ТОЛ64		0,075	0,09	0,107	0,15	0,18	0,215			
ТОЛ65		0,125	0,15	0,18	0,25	0,3	0,36			
ТОЛ66		0,21	0,25	0,3	0,42	0,5	0,6			
ТОЛ67	2500x2	0,0125	0,015	0,018	0,026	0,03	0,036	–	–	–
ТОЛ68		0,021	0,025	0,03	0,042	0,051	0,06			
ТОЛ69		0,035	0,043	0,05	0,07	0,085	0,1			
ТОЛ70		0,063	0,075	0,09	0,126	0,15	0,18			
ТОЛ71		0,105	0,125	0,15	0,21	0,25	0,3			
ТОЛ72		0,18	0,21	0,25	0,36	0,42	0,5			

4.4. Трансформаторы согласующие входные типа ТВЛ

Малогабаритные согласующие низкочастотные трансформаторы типа ТВЛ предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации при температуре окружающей среды – 60...+ 125 °С и относительной влажности до 98 % при температуре + 35 °С. Трансформаторы применяются в схемах низкочастотных трактов с ламповыми и полупроводниковыми приборами в аппаратуре бытового и промышленного назначения с печатным монтажом. Трансформаторы типа ТВЛ обеспечивают согласование внутреннего сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей звуковой частоты в диапазоне частот до 10 000 Гц. Трансформаторы типа ТВЛ изготавливаются в климатическом исполнении для умеренного и холодного климатов (У и ХЛ), нормированные значения характеристик которых рассмотрены в первой главе справочника.

Конструкция и размеры

Общий вид, габаритные и установочные размеры, а также схема трансформаторов типа ТВЛ показаны на рис 4 6 Конструктивные размеры трансформаторов приведены в табл. 4 11. Промышленностью изготавливается один тип и три типоразмера трансформаторов типа ТВЛ унифицированного конструктивного ряда на магнитопроводах стандартизованной стержневой конструкции. В зависимости от места размещения и установки трансформаторы изготавливаются по соответствующим категориям, виды которых в обобщенной форме приведены в табл. 1.8. Рабочие и предельные значения относительной влажности воздуха в сочетании с температурой окружающей среды при различной продолжительности воздействия приведены в табл 1 9.

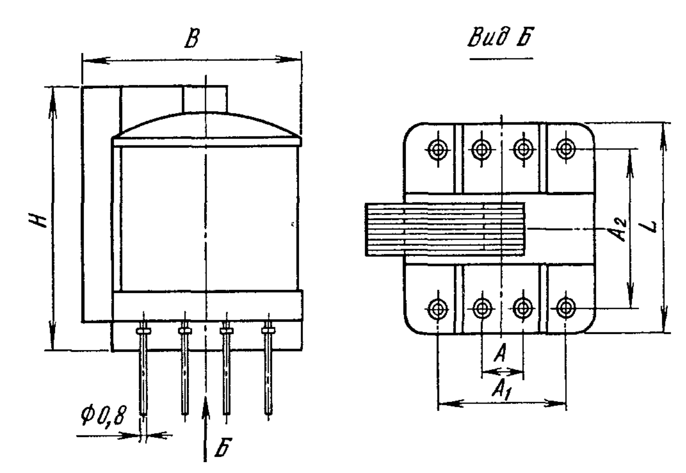


Рис 4 6 Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТВЛ

Таблица 4.11. Конструктивные размеры входных согласующих трансформаторов типа ТВЛ

Обозначение трансформатора	Обозначение магнитопровода	Размеры, мм									Масса, не более, г
		B	L	H	A		A_1		A_2		
					номинал	допуск	номинал	допуск	номинал	допуск	
ТВЛ1	ПА3х3	19	17	18	3	± 0,1	9	± 0,1	12	± 0,1	14
ТВЛ2	ПБ3х6		20	21					15		17
ТВЛ3											

Конструкция трансформаторов типа ТВЛ открытого вида обеспечивает эксплуатацию без обрывов в обмотках и появления следов коррозии на металлических деталях, а также устойчива к многократному циклическому воздействию температур предельных значений и воздействию механических нагрузок, рассмотренных выше При этом изменение индуктивности первичной обмотки не превышает 10% от величины, измеренной до воздействия указанных факторов.

Конструкция трансформаторов типа ТВЛ разработана для установки и монтажа на печатной плате без дополнительного крепления При установке трансформаторов на печатной плате монтажные выводы пропускают через отверстия в печатной плате, затем загибают их вдоль печатных проводников на 1,5. .3 мм и припаивают припоем ПОС–40 или ПОС–60 Конфигурация цоколей выводов трансформаторов типа ТВЛ соответствует конфигурации цоколей миниатюрных электровакуумных приборов и малогабаритных герметизированных электромагнитных реле Имеется ключ и дополнительно маркировка первого вывода трансформатора Ключ отмечается, как правило, красной точкой на боковой поверхности трансформатора Отсчет выводов ведется от первого вывода слева направо по часовой стрелке со стороны монтажа При этом первый вывод, относительно ключа, располагается в левом верхнем углу Ключом является сердечник, выступающий из катушки влево (для трансформаторов стержневой конструкции с одной катушкой), а для трансформаторов на стержневых магнитопроводах с двумя катушками — только красная точка.

Конструкция трансформатора получает дополнительную жесткость посредством армирования его монтажными выводами, расстояние между которыми равно 2,5 мм и соответствует шагу координатной сетки печатной платы Для изготовления входных трансформаторов типа ТВЛ применяются пластинчатые магнитопроводы стержневой конструкции из холоднокатаной ленты с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией технического насыщения марки 75НМА. Перечень применяемых магнитопроводов и значения предельной массы трансформаторов типа ТВЛ приведены в табл. 4.11.

Малогабаритным входным трансформаторам присвоено сокращенное обозначение — ТВЛ, где первая буква Т обозначает слово «трансформатор», вторая буква В — «входной», третья буква Л — «ламповый». Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при заказе и при разработке конструкторской документации. Условное обозначение состоит из сокращенного обозначения трансформатора, обозначения типономинала, буквы М (для трансформаторов, залитых в форму), обозначения ГОСТ или ТУ, по которым выпускаются трансформаторы и поставляются заказчику. Пример условного обозначения низкочастотного входного трансформатора для полупроводниковых и ламповых схем с порядковым номером 2 —«Трансформатор ТВЛ2».

Основные параметры

Основные электромагнитные параметры и технические характеристики входных согласующих трансформаторов типа ТВЛ приведены в табл 4 12. Принципиальная электрическая схема трансформаторов типа ТВЛ показана на рис 4.6. Дополнительные параметры и технические характеристики трансформаторов рассмотрены ниже Коэффициенты трансформации, приведенные в табл. 4.12 рассчитаны по следующим формулам:

$n_1 = W_{5-6} / W_{1-4}$; $n_2 = W_{5-6} / W_{1-2}$,

где W_{1-2}, W_{1-4}, W_{5-6} — числа витков обмоток с выводами 1–2, 1–4, 5–6 соответственно.

Таблица 4.12. Основные параметры и технические характеристики входных трансформаторов типа ТВЛ

Обозначение трансформатора	Входное сопротивление на выводах, Ом		Емкостная нагрузка на выводах 5–6, пФ	Индуктивность, Гн		Коэффициент трансформации		Число витков первичной обмотки	Сопротивление обмоткок постоянному току при + 20 °С, Ом	
	1–2	1–4		первичной обмотки	рассеяния	n_1	n_2		первичной	вторичной
ТВЛ1	50	200	100	0,16	0,002	31,5	63	210x2	31x2	15900
ТВЛ2	500	2000		1,6	0,02	10	20	660x2	117x2	16900
ТВЛ3	5000	20000		16	0,2	3,15	6,3	2100x2	1120x2	16900

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТВЛ

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °С
повышенная предельная с учетом перегрева обмоток	+ 125 °С
пониженная рабочая	– 40 °С
пониженная предельная	– 60 ° С
пониженная при транспортировке	– 60 °С
Температура перегрева обмоток, не более	+ 55 °С
Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60...+85 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 35 °С, не более	95 ± 3%
Атмосферное давление воздуха:	
пониженное предельное	0,67 кПа (5 мм рт.ст.)
повышенное рабочее	3 кгс/см^2
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...2 000 Гц с ускорением, не более	98,1 м/с^2 (10g)
Многократные удары длительностью 1...3 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)

Одиночные удары длительностью 0,2 .1 мс с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	492 м/с^2 (50g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50...10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	160 дБ.
Воздействие росы, инея, тумана	12 ч в сутки

Дополнительные технические характеристики трансформаторов типа ТВЛ

Диапазон эффективно воспроизводимых частот	300...10 000 Гц
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	2 дБ
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 300...10 000 Гц, не более	5%
Резонансная частота трансформатора, не более	1 000 Гц
Максимально допустимое испытательное напряжение на любой обмотке	400 В
Асимметрия по напряжению обмоток с одинаковым числом витков, не более	3%
КПД, не менее	0,85
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не менее	100 МОм
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 5%
Изменение индуктивности первичной обмотки при воздействии повышенных температуры и влажности, не более	10%
Долговечность в режиме номинальной нагрузки, не менее	10 000 ч

4.5. Трансформаторы входные типа ТВТ

Малогабаритные входные низкочастотные трансформаторы типа ТВТ предназначены для работы в условиях умеренного и холодного климата при температуре окружающей среды – 60...+ 85 ^{0}С и относительной влажности до 95% при температуре не более + 35 ^{0}С. Входные трансформаторы типа ТВТ применяются в транзисторных электронных схемах РЭА для согласования внутреннего сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей звуковой частоты, собранных на ППП и микросхемах, работающих в диапазоне частот 300 .10 000 Гц с неравномерностью частотной характеристики на граничных частотах не более 2 дБ и коэффициентом нелинейных искажений не более 5% Согласование сопротивлений обеспечивается в диапазоне 50.. 5 000 Ом

Конструкция и размеры

Общий вид, габаритные и установочные размеры входных трансформаторов типа ТВТ показаны на рис. 4 7 и 4.8. Конструктивные размеры трансформаторов ТВТ открытого типа приведены в табл. 4.13. Промышленностью изготавливается два типа и 10 типоразмеров трансформаторов типа ТВТ унифицированного конструктивного ряда на магнитопроводах стандартизованной стержневой конструкции. В зависимости от места размещения и установки трансформаторы изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ, нормированные значения характеристик которого в обобщенной форме приведены в табл. 1.2. Рабочие и предельные значения относительной влажности воздуха в сочетании с температурой окружающей среды при различной продолжительности воздействия приведены в табл. 1.8 и 1.9.

Конструкция трансформаторов типа ТВТ открытого вида обеспечивает эксплуатацию без обрывов в обмотках и появления следов коррозии на металлических деталях, а также устойчива к многократному циклическому воздействию температур предельных значений и воздействию механических нагрузок, рассмотренных выше. При этом изменение индуктивности первичной обмотки не превышает 10% от величины, измеренной до воздействия указанных факторов.

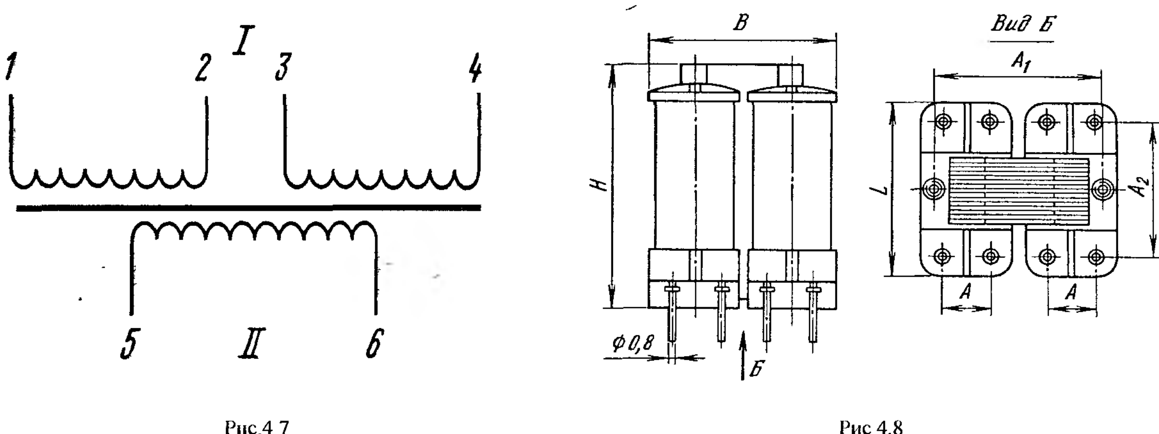


Рис.4 7

Рис 4.8

Конструкция трансформаторов типа ТВТ разработана для установки и монтажа на печатной плате в двух вариантах: без дополнительного крепления и с дополнительным креплением винтами. При установке трансформаторов на печатной плате монтажные выводы пропускают через отверстия в печатной плате, затем загибают их вдоль печатных проводников на 1,5...3 мм и припаивают припоем ПОС–40 или ПОС–60. Конфигурация цоколей выводов трансформаторов типа ТВТ соответствует конфигурации цоколей миниатюрных пальчиковых электровакуумных приборов и малогабаритных герметизированных электромагнитных реле. Для правильной установки трансформатора на печатной плате имеется ключ и дополнительная маркировка первого вывода трансформатора. Ключ отмечается, как правило, красной точкой на боковой поверхности трансформатора. Отсчет выводов ведется от 1-го вывода слева направо по часовой стрелке со стороны монтажа. При этом 1-й вывод относительно ключа располагается в левом верхнем углу. Ключом является сердечник, выступающий из катушки влево (для трансформаторов стержневой конструкции с одной катушкой), а для трансформаторов на стержневых магнитопроводах с двумя катушками — только красная точка.

Таблица 4.13. Конструктивные размеры входных согласующих трансформаторов типа ТВТ

Обозначение трансформатора	Магнитопровод		Размеры, мм									Масса, не более, г
	типоразмер	материал	B	L	H	A		A_1		A_2		
						номинал	допуск	номинал	допуск	номинал	допуск	
ТВТ1 — ТВТ9	ПБ2х4	79НМА	13	15	15	3	± 0,1	6	± 0,1	9	± 0,1	6
ТВТ10	ПБ4х8	50Н	27	19	27	6		21	± 1	15		35

Конструкция каркаса трансформатора получает дополнительную жесткость посредством армирования его монтажными выводами, расстояние между которыми составляет 2,5 мм и соответствует шагу координатной сетки печатной платы. Для изготовления входных трансформаторов типа ТВТ применяются пластинчатые магнитопроводы стержневой конструкции из холоднокатаной ленты с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией технического насыщения марок 79НМА и 50Н. Перечень применяемых магнитопроводов и значения предельной массы трансформаторов типа ТВТ приведены в табл. 4.13.

Малогабаритным входным трансформаторам типа ТВТ присвоено сокращенное обозначение — ТВТ, где первая буква Т обозначает слово «трансформатор», вторая буква В — «входной», третья буква Т — «транзисторный». Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при

заказе и при разработке конструкторской документации. Условное обозначение состоит из сокращенного обозначения трансформатора, обозначения типономинала, обозначения ГОСТ или ТУ, по которым выпускаются трансформаторы промышленностью и поставляются заказчику. Пример условного обозначения входного согласующего трансформатора для полупроводниковых схем с порядковым номером 10 — «Трансформатор ТВТ10».

Основные параметры

Основные электромагнитные параметры и технические характеристики входных согласующих трансформаторов типа ТВТ приведены в табл. 4.14. Принципиальные электрические схемы трансформаторов типа ТВТ показаны на рис. 4.9. Дополнительные параметры и технические характеристики трансформаторов рассмотрены ниже. Коэффициенты трансформации, приведенные в табл. 4.14 рассчитаны по следующим формулам:

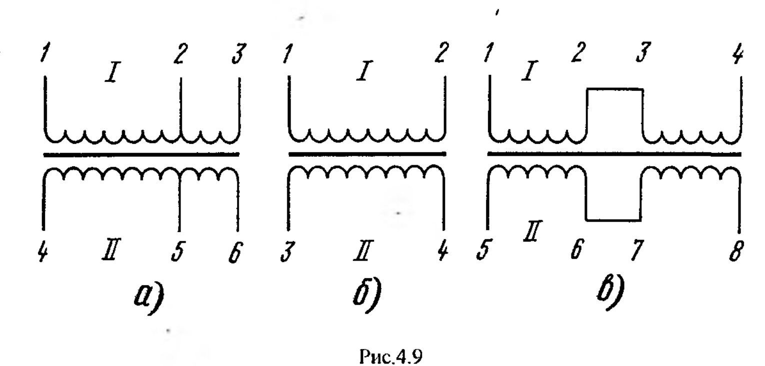


Рис.4.9

$n_1 = W_{4-5} / W_{1-3}$; $n_2 = W_{4-6} / W_{1-3}$; $n_3 = W_{4-5} / W_{1-2}$; $n_4 = W_{4-6} / W_{1-2}$,
где W_{1-2}, W_{1-3}, W_{4-5} и W_{4-6} — числа витков обмоток
с выводами 1–2, 1–3, 4–5 и 4–6 соответственно;

для трансформаторов типа ТВТ9:
$n_1 = W_{3-4} / W_{1-2}$,
где W_{3-4} и W_{1-2} — числа витков обмоток трансформатора ТВТ9
с выводами 3–4 и 1–2 соответственно;

для трансформатора ТВТ10:
$n_1 = W_{5-8} / W_{1-4}$,
где W_{1-4} и W_{5-8} — числа витков обмоток трансформатора ТВТ10
с выводами 1–4 и 5–8 соотвбетственно.

Таблица 4.14. Основные технические характеристики входных согласующих трансформаторов типа ТВТ

Обозначение трансформатора	Входное сопротивление на выводах, Ом		Сопротивление нагрузки на выводах, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Индуктивность, Гн		Число витков первичной обмотки	Коэффициент трансформации			
	1–2	1–3	4–5	4–6	первичной	вторичной	первичной обмотки	рассеяния		1	2	3	4
ТВТ1	50	100	250	500	10,9	130	0,035	0,003	290	1,7	2,4	2,4	3,45
ТВТ2	200	400			44		0,14	0,01	580	0,85	1,21	1,21	1,74
ТВТ3	600	1200			125		0,42	0,04	1000	0,49	0,7	0,7	1
ТВТ4	2500	5000			485		1,75	0,12	2000	0,245	0,35	0,35	0,5
ТВТ5	50	100	1000	2000	10,9	520	0,035	0,024	290	3,4	4,8	4,8	6,9
ТВТ6	200	400			44		0,14	0,01	580	1,7	2,4	2,4	3,45
ТВТ7	600	1200			125		0,42	0,03	1000	0,8	1,4	1,4	2
ТВТ8	2500	5000			485		1,75	0,12	2000	0,49	0,7	0,7	1
ТВТ9	50000 (1–2)		500 (3–4)		4300	100	17,5	1,2	6300	0,11	–	–	–
ТВТ10	500000 (1–4)		500 (5–8)		6500x2	97x2	175	12	10000x2	0,035	–	–	–

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТВТ

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °C
повышенная предельная с учетом перегрева обмоток	+ 125 °C
пониженная рабочая	– 45 °C
пониженная предельная	– 60 ° C
пониженная при транспортировке	– 60 °C
Температура перегрева обмоток, не более	+ 55 °C
Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60...+ 125 °C
Относительная влажность воздуха при температуре + 40 °C, не более	95 ± 3%
Атмосферное давление воздуха.	
пониженное рабочее	12,1кПа (90 мм рт.ст)
пониженное предельное	0,67 кПа (5 мм рт.ст.)
повышенное рабочее	3 кгс/см^2
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5 ..2 000 Гц с ускорением, не более	98,1 м/с^2 (10g)
Многократные удары длительностью 1...3 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 0,2...1 мс с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	492 м/с^2 (50g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50...10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	160 дБ

Дополнительные технические характеристики трансформаторов типа ТВТ

Диапазон эффективно воспроизводимых частот	300...10 000 Гц
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	2 дБ
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 300.. 10 000 Гц, не более	5%
Резонансная частота трансформатора, не выше	1 000 Гц
Максимальное напряжение на обмотках постоянного тока, не более	100 В
Максимально допустимое испытательное напряжение на любой обмотке	500 В
Асимметрия по напряжению обмоток с одинаковым числом витков, не более	3%
КПД, не менее	0,85
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не менее	100 МОм
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 5%
Изменение индуктивности первичной обмотки при воздействии повышенных температуры и влажности, не более	10%

Долговечность в режиме номинальной нагрузки, не менее	10 000 ч
Минимальное значение вероятности безотказной работы в течение 1 000 ч при достоверности 0,9	0,99
Гарантийный срок хранения трансформаторов при температуре + 5...+ 35 °С и относительной влажности до 80%	12 лет

4.6. Трансформаторы согласующие низкочастотные типа ТМ

Малогабаритные согласующие низкочастотные трансформаторы типа ТМ предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации: при температуре окружающей среды – 60...+ 125 °С и относительной влажности до 98% при температуре + 40 °С. Трансформаторы применяются в схемах низкочастотных трактов с ламповыми и полупроводниковыми приборами в аппаратуре бытового и промышленного назначения с печатным монтажом. Трансформаторы типа ТМ обеспечивают согласование внутреннего сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей звуковой частоты в диапазоне частот 100...10 000 Гц с неравномерностью частотной характеристики на граничных частотах не более 3 дБ и при коэффициенте нелинейных искажений не более 3%. Трансформаторы типа ТМ изготавливаются в климатическом исполнении для умеренного, холодного, тропического климата, нормированные значения характеристик которых рассмотрены в первой главе справочника.

Конструкция и размеры

Промышленностью изготавливается один тип трансформатора ТМ трех конструктивных исполнений и 137 типономиналов на броневых и стержневых магнитопроводах. Трансформаторы изготавливаются с учетом воздействия на них механических и климатических внешних воздействующих факторов во всеклиматическом исполнении.

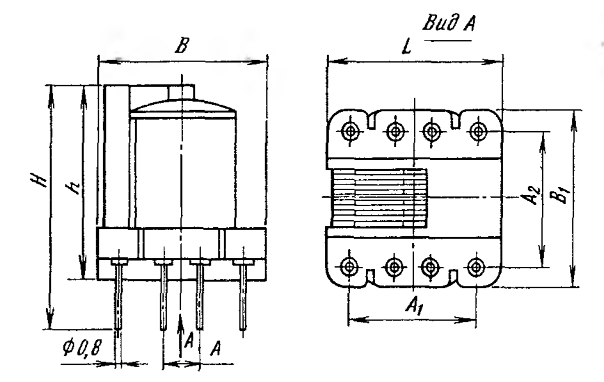


Рис 4 10

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформаторов типа ТМ показаны на рис. 4.10, 4.11 и 4.12. Конструктивные размеры трансформаторов и их масса приведены в табл. 4.15. В зависимости от места размещения и установки трансформаторы изготавливаются по соответствующим категориям, виды которых в обобщенной форме приведены в табл. 1.2. Рабочие и предельные значения относительной влажности воздуха в сочетании с температурой окружающей среды при различной продолжительности воздействия приведены в табл. 1.8 и 1.9. Виды и значения характеристик механических воздействующих факторов приведены в табл. 1.13 и 1.14. Значения пониженного и повышенного давления воздуха в обобщенной форме приведены в табл. 1.12. Если трансформаторы типа ТМ работают в диапазонах внешних воздействующих факторов, установленных для данного вида исполнения, то в конструкторской и технологической документации указывается более узкий или широкий диапазон значений. Например, если необходимо применить отличную от номинальных значений температуру внешней среды, то в соответствии с требованиями ГОСТ 15150 рекомендуется выбирать следующие значения: + 1, + 10, + 20, + 30, + 40, + 45, + 50, + 55, + 60, + 70, + 85, + 100, + 125, + 155, + 200, + 250, + 315, + 400, + 500 и – 5, – 10, – 25, – 30, – 45, – 60, – 85, – 100, – 120, – 150, – 196 °С.

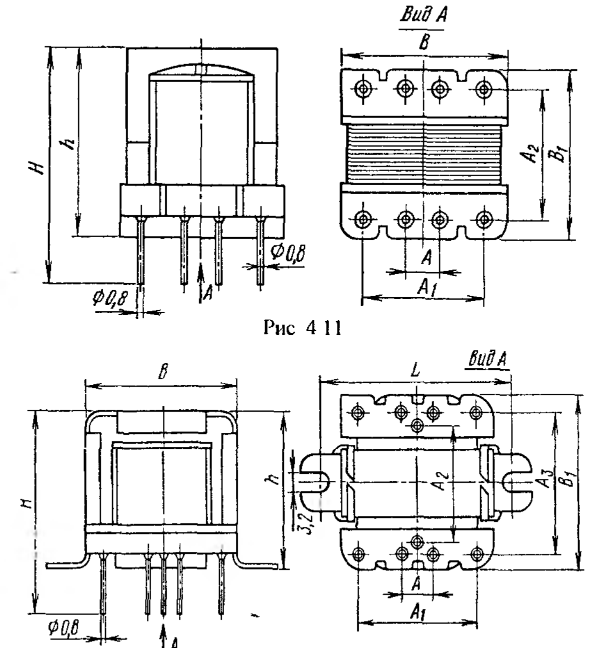


Рис 4 11

Рис 4.12

Если необходимо установить отличное от номинальных значений давление воздуха или другого газа, указанных в табл. 1.12, то рекомендуется выбирать одно из следующих значений: пониженное давление,

значение которого обозначено в табл. 1 6 прописными буквами русского алфавита; повышенное давление воздуха или другого газа, кроме агрессивного: 1,47 · 10^4, 1,96 · 10^4; 2,44 · 10^4; 2,04 10^4; 5,88 · 10^4

При монтаже трансформаторов на печатной плате применяется дополнительное крепление винтами М3.

Таблица 4.15. Конструктивные размеры согласующих низкочастотных трансформаторов типа ТМ

Типономинал трансформатора	Рисунок	Размеры, мм										Масса, не более, г
		A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	H	h	L	d	
ТМ2–1 — ТМ2–14	3 10	2,5	12,5	10	–	16	16	22	16	16	–	6 35
ТМ5–1 — ТМ5–54	3 11	2,5	12.5	12,5	–	16	17	22	16	16	–	12 142
ТМ101 — ТМ10–69	3 12	5	15	15	20	22	25	22,5	20	37	30	18 255

Конструкция трансформаторов типа ТМ открытого вида обеспечивает эксплуатацию без обрывов в обмотках и других повреждений, появления следов коррозии на металлических деталях, а также многократного циклического воздействия температур предельных значений и воздействия механических нагрузок, рассмотренных выше. При этом изменение индуктивности первичной обмотки не превышает 10% от величины, измеренной до воздействия указанных факторов.

Трансформаторы типоразмеров ТМ2–1 — ТМ2–14 изготавливаются на магнитопроводах стержневой конструкции типа ПН и ПУ, остальные трансформаторы изготавливаются на магнитопроводах броневой конструкции типа Ш.

Конструкция трансформаторов типа ТМ2–1 — ТМ2–14, ТМ5–1 — ТМ5–54 имеет проволочные выводы и разработана для установки и монтажа на печатной плате без дополнительного крепления. При установке трансформаторов на печатной плате монтажные выводы пропускают через отверстия в печатной плате, затем загибают их вдоль печатных проводников на 1,5...3 мм и припаивают припоем ПОС–40 или ПОС–60 Трансформаторы типоразмеров ТМ10–1 — ТМ10–69 монтируются на печатной плате при помощи пайки и дополнительного крепления винтами М3 х 10.

После установки на печатной плате трансформаторы покрываются двумя слоями лака, просушиваются и обеспечиваются, таким образом, работоспособность устройства при повышенной влажности и при всех температурных воздействиях, обеспечивая необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток.

Малогабаритным входным трансформаторам присвоено сокращенное обозначение — ТМ, где первая буква Т обозначает слово «трансформатор», вторая буква М — «маломощный». Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при заказе и при разработке конструкторской документации Условное обозначение состоит из слова «Трансформатор», сокращенного обозначения трансформатора, порядкового номера и обозначения ГОСТ или ТУ, по которым выпускаются трансформаторы промышленностью и поставляются заказчику Пример условного обозначения низкочастотного согласующего маломощного трансформатора типа ТМ мощностью 5 мВт и порядковым номером разработки 25 — «Трансформатор ТМ5–25»

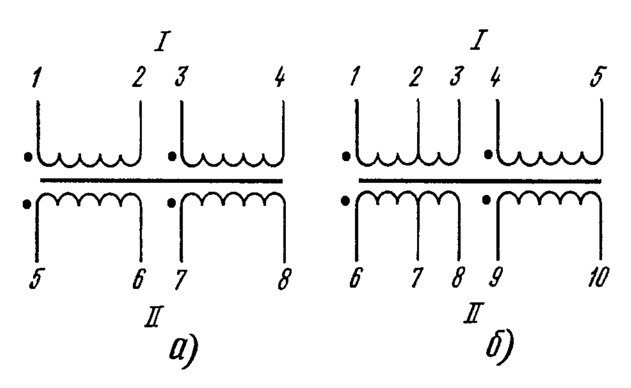


Рис 4 13

Основные параметры

Основные электромагнитные параметры и технические характеристики входных согласующих трансформаторов типа ТМ приведены в табл. 4.16. Принципиальная электрическая схема трансформаторов типа ТМ показана на рис. 4 13. Значения величин электрических параметров приведены для первичной обмотки при соединении выводов 2 и 3, а также 3 и 4. То же для вторичной обмотки при соединении выводов 6 и 7, а также 8 и 9. Дополнительные параметры и технические характеристики трансформаторов рассмотрены ниже

Таблица 4.16. Основные параметры и технические характеристики согласующих низкочастотных трансформаторов типа ТМ

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В · А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное		
ТМ2–1	0,002	200	12,5	7,5x2	0,7x2	0,2	0,5	0,16	0,27
ТМ2–2			25		1,4x2				0,39
ТМ2–3		400	12,5	14x2	0,7x2	0,3		0,32	0,19
ТМ2–4			25		1,4x2				0,27
ТМ2–5			200		11x2				0,77
ТМ2–6		3200	12,5	130x2	0,7x2	0,8	0,1	2,6	0,07
ТМ2–7			25		1,4x2				0,1
ТМ2–8			200		11x2				0,27
ТМ2–9			400		30x2				0,39
ТМ2–10		6400	12,5	280x2	0,7x2	1,2		5,1	0,05
ТМ2–11			25		1,4x2				0,07
ТМ2–12			200		11x2				0,19
ТМ2–13			400		30x2				0,27
ТМ2–14			3200		220x2				0,77
ТМ5–1	0,005	200	12,5	12x2	1,4x2	1	0,03	0,16	0,29
ТМ5–2			17,5		1,6x2				0,34
ТМ5–3			25		2,5x2				0,41
ТМ5–4			35		3,5x2				0,48
ТМ5–5		282	12,5	20x2	1,4x2	1,2		0,22	0,24
ТМ5–6			17,5		1,6x2				0,29
ТМ5–7			25		2,5x2				0,34
ТМ5–8			35		3,5x2				0,41
ТМ5–9			200		19x2				0,97
ТМ5–10		400	12	25x2	1,4x2	1,4		0,32	0,2
ТМ5–11			17.5		1.6x2				0,24
ТМ5–12			25		2,5x2				0,29
ТМ5–13			35		3,5x2				0,34
ТМ5–14			200		10x2				0,81
ТМ5–15			282		32x2				0,97
ТМ5–16		564	12,5	35x2	1.4x2	1,7		0,45	0,17
ТМ5–17			17,5		1,6x2				0,2
ТМ5–18			25		2,5x2				0,24
ТМ5–19			35		3,5x2				0,29
ТМ5–20			200		19x2				0,69
ТМ5–21			282		32x2				0,81
ТМ5–22			400		39x2				0,97

Продолжение таблицы 4.16

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное		
ТМ5–23	0,005	3200	12,5	240х2	1,4х2	4	0,15	2,6	0,07
ТМ5–24			17,5		1,6х2				0,086
ТМ5–25			25		2,5х2				0,1
ТМ5–26			35		3,5х2				0,12
ТМ5–27			200		19х2				0,29
ТМ5–28			282		32х2				0,34
ТМ5–29			400		39х2				0,41
ТМ5–30			564		55х2				0,48
ТМ5–31		4512	12,5	280х2	1,4х2	4,8		3,6	0,06
ТМ5–32			17,5		1,6х2				0,07
ТМ5–33			25		2,5х2				0,086
ТМ5–34			35		3,5х2				0,1
ТМ5–35			200		19х2				0,12
ТМ5–36			282		32х2				0,29
ТМ5–37			400		39х2				0,34
ТМ5–38			564		55х2				0,41
ТМ5–39		6400	12,5	340х2	1.4х2	5,7		5,1	0,05
ТМ5–40			17,5		1,6х2				0,06
ТМ5–41			25		2,5х2				0,07
ТМ5–42			35		3,5х2				0,086
ТМ5–43			200		19х2				0,2
ТМ5–44			282		32х2				0.24
ТМ5–45			400		39х2				0,29
ТМ5–46			564		55х2				0,34
ТМ5–47		9024	12,5	700х2	1,4х2	6,7		7,2	0,04
ТМ5–48			17,5		1,6х2				0,05
ТМ5–49			25		2,5х2				0,06
ТМ5–50			35		3,5х2				0,07
ТМ5–51			200		19х2				0,17
ТМ5–52			282		32х2				0,2
ТМ5–53			400		39х2				0,24
ТМ5–54			564		55х2				0,29
ТМ10–1	0,01	282	17,5	7,5х2	0,7х2	1,7		0,22	0,27
ТМ10–2			35		1,4х2				0,38
ТМ10–3			70,5		3х2				0,54
ТМ10–4			141		6,5х2				0,76
ТМ10–5		564	17,5	19х2	0,7х2	2,4		0,45	0,19

Продолжение таблицы 4.16

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В · А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное		
ТМ10–6	0,01	564	35	19x2	1,4x2	2,4	0,15	0,45	0,27
ТМ10–7			70,5		3x2				0,38
ТМ10–8			141		6,5x2				0,54
ТМ10–9			282		13x2				0,76
ТМ10–10		1128	17,5	40x2	0,7x2	3,4		0,9	0,135
ТМ10–11			35		1,4x2				0,19
ТМ10–12			70,5		3x2				0,27
ТМ10–13			141		6,5x2				0,38
ТМ10–14			282		13x2				0,54
ТМ10–15			564		24x2				0,76
ТМ10–16		2256	17,5	88x2	0,7x2	4,8		1,8	0,095
ТМ10–17			35		1,4x2				0,135
ТМ10–18			70,5		3x2				0,19
ТМ10–19			141		6,5x2				0,27
ТМ10–20			282		13x2				0,38
ТМ10–21			564		24x2				0,54
ТМ10–22			1128		60x2				0,76
ТМ10–23		4512	17,5	170x2	0,7x2	6,8	0,3	3,6	0,067
ТМ10–24			35		1,4x2				0,095
ТМ10–25			70,5		3x2				0,135
ТМ10–26			141		6,5x2				0,19
ТМ10–27			282		13x2				0,27
ТМ10–28			564		24x2				0,38
ТМ10–29			1128		60x2				0,54
ТМ10–30			2256		145x2				0,76
ТМ10–31		9024	17,5	520x2	0,7x2	9,6		7,2	0,05
ТМ10–32			35		1,4x2				0,067
ТМ10–33			70,5		3x2				0,095
ТМ10–34			141		6,5x2				0,135
ТМ10–35			282		13x2				0,19
ТМ10–36			564		24x2				0,27
ТМ10–37			1128		60x2				0,38
ТМ10–38			2256		145x2				0,54
ТМ10–39			4512		285x2				0,76
ТМ10–40		18048	17,5	750x2	0,7x2	13,6	0,6	14,3	0,034
ТМ10–41			35		1,4x2				0,05
ТМ10–42			70,5		3x2				0,067

Окончание таблицы 4.16

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное		
ТМ10–43			141		6 5х2				0,095
ТМ10–44			282		13х2				0,135
ТМ10–45			564		24х2				0,19
ТМ10–46		18048	1128	750х2	60х2	13,6		14,3	0,27
ТМ10–47			2256		145х2				0,38
ТМ10–48			4512		285х2				0,54
ТМ10–49			9024		800х2				0,76
ТМ10–50			17,5		0,7х2				0,024
ТМ10–51			35		1,4х2		0,6		0,034
ТМ10–52			70,5		3х2				0,05
ТМ10–53			141		6,5х2				0,067
ТМ10–54		36096	282	1800х2	13х2	19,2		28,6	0,095
ТМ10–55			564		24х2				0,135
ТМ10–56	0,01		1128		60х2				0,19
ТМ10–57			2256		145х2				0,27
ТМ10–58			4512		285х2				0,38
ТМ10–59			9024		800х2				0,54
ТМ10–60			17,5		0,7х2				0,017
ТМ10–61			35		1,4х2				0 024
ТМ10–62			70,5		3х2				0,034
ТМ10–63			141		6,5х2				0,05
ТМ10–64		72190	282	2600х2	13х2	27	1	57,3	0,067
ТМ10–65			564		24х2				0,095
ТМ10–66			1128		60х2				0,135
ТМ10–67			2256		145х2				0,19
ТМ10–68			4512		285х2				0,27
ТМ10–69			9024		800х2				0,38

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТМ

Температура окружающей среды

повышенная рабочая	+ 100 °С
повышенная предельная с учетом перегрева обмоток	+ 125 °С
пониженная рабочая	– 40 °С
пониженная предельная	– 60 °С
пониженная при транспортировке	– 60 °С
Температура перегрева обмоток, не более	+ 55 °С
Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60...+125 °С

Относительная влажность воздуха при температуре + 40 °С, не более	98%
Атмосферное давление воздуха: пониженное предельное повышенное рабочее	0,67 кПа (5 мм рт.ст.) 297 кПа (3 кгс/см^2)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...2 500 Гц с ускорением, не более	294,3 м/с^2 (30g)
Многократные удары длительностью 2...10 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 0,2 . 1 мс с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50...10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	160 дБ
Воздействие росы, инея, тумана	12 ч в сутки

Дополнительные технические характеристики трансформаторов типа ТМ

Диапазон эффективно воспроизводимых частот	100...10 000 Гц
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	3 дБ
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 100...10 000 Гц, не более	3%
Номинальная мощность трансформаторов	0,002... 6 В · А
Максимально допустимое испытательное напряжение на первичной обмотке	100 В
КПД, не менее	0,85
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не менее	1 000 МОм
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 5%
Наработка на отказ в нормальных условиях эксплуатации	10 000 ч
Гарантийный срок, не менее	5 000 ч
Максимальное отклонение сопротивлений обмоток при постоянном токе при температуре + 20 °С	± 25%

4.7. Трансформаторы согласующие типа Т

Малогабаритные согласующие низкочастотные трансформаторы типа Т предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации: при температуре окружающей среды – 60...+ 125 °С и относительной влажности до 98% при температуре + 35 °С. Трансформаторы применяются в схемах низкочастотных трактов с ламповыми и полупроводниковыми приборами в аппаратуре бытового и промышленного назначения с печатным монтажом. Трансформаторы типа Т обеспечивают согласование внутреннего сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей звуковой частоты в диапазоне частот до 10 000 Гц. Трансформаторы типа Т изготавливаются в климатическом исполнении для умеренного, холодного и тропического климата, нормированные значения характеристик которых рассмотрены в первой главе справочника. Трансформаторы обеспечивают устойчивую работу аппаратуры в диапазоне

эффективно воспроизводимых частот 100...10 000 Гц с неравномерностью частотной характеристики на граничных частотах не более 3 дБ и коэффициентом нелинейных искажений не более 3%.

Конструкция и размеры

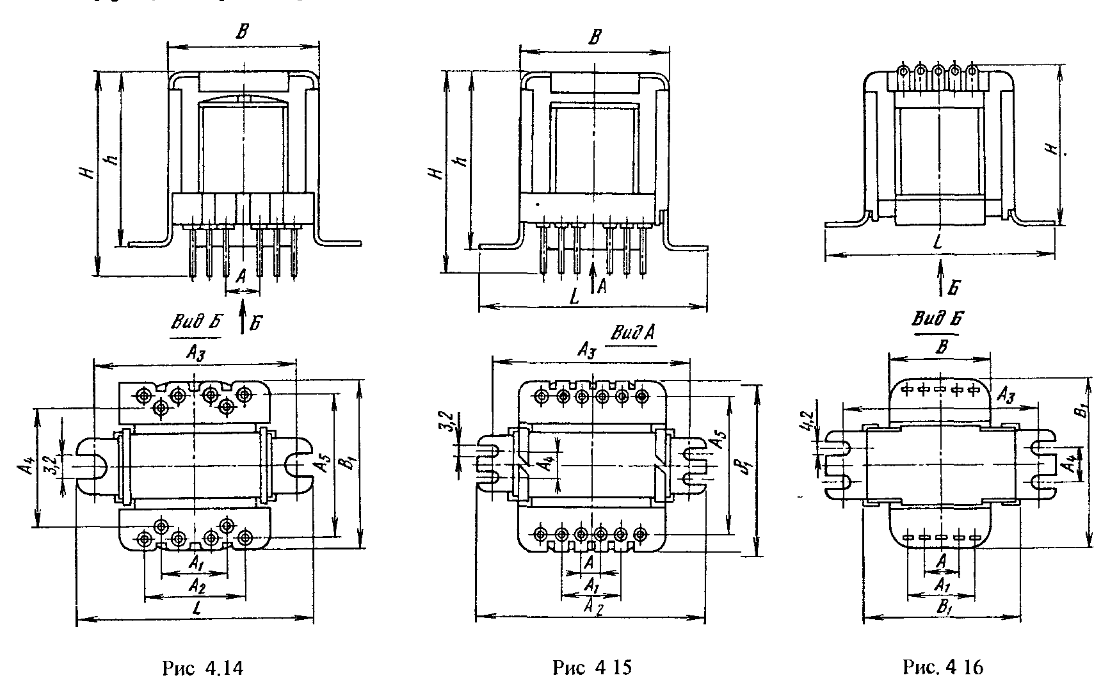


Рис 4.14 Рис 4 15 Рис. 4 16

Общий вид, габаритные и установочные размеры, а также схема трансформаторов типа Т показаны на рис. 4.14 — 4.16. Конструктивные размеры трансформаторов приведены в табл. 4.17. Промышленностью изготавливается два конструктивных варианта трансформаторов типа Т, которые насчитывают 291 типономинал броневой системы на унифицированных магнитопроводах типа Ш. В зависимости от места размещения и установки трансформаторы изготавливаются по соответствующим категориям, виды которых в обобщенной форме приведены в табл. 1 8. Рабочие и предельные значения относительной влажности воздуха в сочетании с температурой окружающей среды при различной продолжительности воздействия приведены в табл. 1 9. В зависимости от конкретных условий эксплуатации трансформаторы типа Т изготавливаются также с учетом механических воздействий по ГОСТ 16962.

Таблица 4.17. Конструктивные размеры согласующих низкочастотных трансформаторов типа Т

Типономинал трансформатора	Рисунок	Размеры, мм											Масса, не более, г
		A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B	B_1	H	L	h	
Т0,5-1 — Т0,5-59	3 14	5	10	15	30	17,5	22,5	23	27	28,5	37	23	18 36
Т0,7-1 — Т0,7-69	3 14	5	10	15	35	17,5	22,5	27	29	31,5	42	26	20 44
Т2-1 — Т2-59	3 15	5	15	25	45	7,5	30	36	39	39	52	34	28 58
Т3-1 — Т3-45	3 15	5	15	25	50	10	35	44	46	46	57	41	45 87
Т4-1 — Т4-19	3 15	5	15	25	60	15	40	52	56	53	67	47	56 110
Т6-1 — Т6-30	3 15	5	15	25	60	15	40	52	56	53	67	47	50 120
Т25-1 — Т25-10	3 16	16	32	32	85	15	–	45	69	65	101	–	80 250

Применение трансформаторов типа Т в блоках и узлах аппаратуры бытового назначения определяется установленными категориями размещения, виды которых приведены в табл. 1.4. Виды и значения характеристик механических воздействий выбираются из табл 1 12 — 1.14. Значения пониженного и повышен-

ного давления воздуха в обобщенной форме рассмотрены в табл. 1.12. Если трансформаторы типа Т работают в иных диапазонах внешних воздействующих нагрузок, установленных для конкретного климатического исполнения РЭА, то в конструкторской документации на трансформаторы типа Т указывается более узкий или более широкий диапазон этих значений. Масса трансформаторов не превышает значений, указанных в табл. 1.17.

Конструкция трансформаторов типа Т обеспечивает эксплуатацию без обрывов в обмотках и других повреждений, появления следов коррозии на металлических деталях, а также многократного циклического воздействия температур предельных значений и воздействия механических нагрузок, рассмотренных выше. При этом изменение индуктивности первичной обмотки не превышает 10% от величины, измеренной до воздействия указанных факторов.

Конструкция трансформаторов типа Т разработана для установки и монтажа на печатной плате с дополнительным креплением и влагозащитой. При установке трансформаторов на печатной плате монтажные выводы пропускают через отверстия в печатной плате, затем загибают их вдоль печатных проводников на 1,5...3 мм и припаивают припоем ПОС–61.

Конструкция каркаса трансформатора получает дополнительную жесткость посредством армирования его монтажными выводами, расстояние между которыми равно 2,5 мм и соответствует шагу координатной сетки печатной платы. Для изготовления согласующих трансформаторов типа Т применяются магнитопроводы броневой конструкции типа Ш или ШЛ. Перечень применяемых магнитопроводов и значения предельной массы трансформаторов типа ТВЛ приведены в табл. 4.17.

Технологический процесс установки и монтажа трансформаторов типа Т на печатной плате предусматривает лакирование поверхностей двумя слоями специального лака с последующей просушкой в термической камере, что обеспечивает необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток трансформатора и комплектующих ЭРЭ. Конструкция трансформаторов типа Т обеспечивает их работу без обрывов обмоток и изменений основных параметров при многократном циклическом воздействии повышенной и пониженной температур, а также пониженного давления воздуха.

Малогабаритным согласующим трансформаторам присвоено сокращенное обозначение Т, где буква Т обозначает слово «трансформатор». Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при заказе и при разработке конструкторской документации. Условное обозначение состоит из сокращенного обозначения трансформатора, обозначения типономинала, мощности трансформатора в милливаттах, условный порядковый номер и обозначения ГОСТ или ТУ, по которым выпускаются трансформаторы промышленностью и поставляются заказчику. Пример условного обозначения низкочастотного согласующего трансформатора типа Т мощностью 3 мВт с порядковым номером 35 — «Трансформатор Т3-35».

Основные параметры

Основные электромагнитные параметры и технические характеристики низкочастотных согласующих трансформаторов типа Т приведены в табл. 4.18. Принципиальная электрическая схема трансформаторов типа Т показана на рис. 4.17. Значения величин технических характеристик в табл. 4.18 приведены для первичной обмотки при соединении выводов 3 и 4, а для вторичной обмотки при соединении выводов 8 и 9. Дополнительные параметры и технические характеристики трансформаторов рассмотрены ниже.

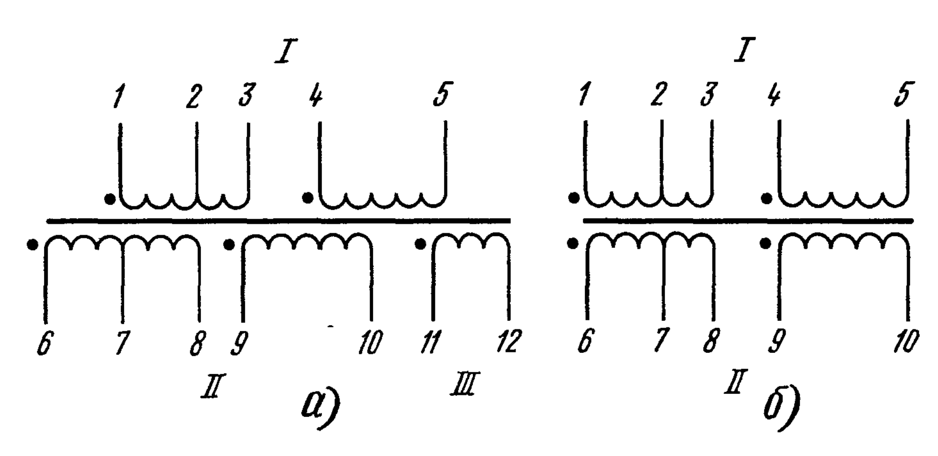


Рис. 4.17

Таблица 4.18. Электромагнитные параметры согласующих низкочастотных трансформаторов типа Т

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление. Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т0,5–1			9		1,7x2				0,28	
Т0,5–2		141	17,5	14x2	3x2	10		0,11	0,4	13
Т0,5–3			35		6x2				0,56	
Т0,5–4			70,5		11x2				0,79	
Т0,5–5			9		1,7x2		0,1		0,2	
Т0,5–6			17,5		3x2				0,28	
Т0,5–7		282	35	29x2	6x2	15		0,22	0,4	9
Т0,5–8			70,5		11x2				0,56	
Т0,5–9			141		23x2				0,79	
Т0,5–10			9		1,7x2				0,14	
Т0,5–11			17,5		3x2				0,2	
Т0,5–12		564	35	56x2	6x2	21	0,25	0,42	0,28	6
Т0,5–13			70,5		11x2				0,4	
Т0,5–14			141		23x2				0,56	
Т0,5–15			282		45x2				0,79	
Т0,5–16			9		1,7x2				0,1	
Т0,5–17			17,5		3x2				0,14	
Т0,5–18			35		6x2				0,2	
Т0,5–19		1128	70,5	102x2	11x2	30	0,25	0,9	0,28	4,4
Т0,5–20	0,5		141		23x2				0,4	
Т0,5–21			282		45x2				0,56	
Т0,5–22			564		90x2				0,79	
Т0,5–23			9		1,7x2				0,07	
Т0,5–24			17,5		3x2				0,1	
Т0,5–25			35		6x2				0,14	
Т0,5–26		2256	70,5	250x2	11x2	42		1,8	0,2	3
Т0,5–27			141		23x2				0,28	
Т0,5–28			282		45x2				0,4	
Т0,5–29			564		90x2				0,56	
Т0,5–30			1128		220x2				0,79	
Т0,5–31			9		1,7x2		0,5		0,05	
Т0,5–32			17,5		3x2				0,07	
Т0,5–33			35		6x2				0,1	
Т0,5–34			70,5		11x2				0,14	
Т0,5–35		4512	141	520x2	23x2	60		3,6	0,2	2
Т0,5–36			282		45x2				0,28	
Т0,5–37			564		90x2				0,4	
Т0,5–38			1128		220x2				0,56	
Т0,5–39			2256		510x2				0,79	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т0,5–40	0,5	9024	9	1150x2	1,7x2	84	1	7,2	0,035	1,6
Т0,5–41			17,5		3x2				0,05	
Т0,5–42			35		6x2				0,07	
Т0,5–43			70,5		11x2				0,1	
Т0,5–44			141		23x2				0,14	
Т0,5–45			282		45x2				0,2	
Т0,5–46			564		90x2				0,28	
Т0,5–47			1128		220x2				0,4	
Т0,5–48			2256		510x2				0,56	
Т0,5–49			4512		1140x2				0,79	
Т0,5–50		18048	9	1630x2	1,7x2	120		14,3	0,025	1
Т0 5–51			17,5		3x2				0,035	
Т0,5–52			35		6x2				0,05	
Т0,5–53			70,5		11x2				0,07	
Т0,5–54			141		23x2				0,1	
Т0,5–55			282		45x2				0 14	
Т0,5–56			564		90x2				0,2	
Т0,5–57			1128		220x2				0,28	
Т0,5–58			2256		510x2				0,4	
Т0,5–59			4512		1140x2				0,56	
Т0,7–1	0,7	141	9	12x2	1,7x2	13	0,2	0,11	0,28	16
Т0,7–2			17,5		2,5x2				0,39	
Т0,7–3			35		5x2				0,55	
Т0,7–4			70,5		10x2				0,78	
Т0,7–5		282	9	24x2	1,7x2	18	0,2	0,22	0,2	11
Т0,7–6			17,5		2,5x2				0,28	
Т0,7–7			35		5x2				0,39	
Т0,7–8			70,5		10x2				0,55	
Т0,7–9			141		23x2				0,78	
Т0,7–10		564	9	48x2	1,7x2	25	0,5	0,45	0,14	8
Т0,7–11			17,5		2,5x2				0,2	
Т0,7–12			35		5x2				0,28	
Т0,7–13			70,5		10x2				0,39	
Т0,7–14			141		23x2				0,55	
Т0,7–15			282		45x2				0,78	
Т0,7–16		1128	9	100x2	1,7x2	35		0,9	0,1	6
Т0,7–17			17,5		2,5x2				0,14	
Т0,7–18			35		5x2				0,2	
Т0,7–19			70,5		10x2				0,28	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т0,7–20	0,7	1128	141	100х2	23х2	35	0,5	0 9	0,39	6
Т0,7–21			282		45х2				0,55	
Т0,7–22			564		90х2				0,78	
Т0,7–23		2256	9	230х2	1,7х2	50	0,8	1 8	0.07	4
Т0,7–24			17 5		2,5х2				0,1	
Т0,7–25			35		5х2				0,14	
Т0,7–26			70 5		10х2				0,2	
Т0 7–27			141		23х2				0,28	
Т0,7–28			282		45х2				0,39	
Т0,7–29			564		90х2				0,55	
Т0,7–30			1128		165х2				0,78	
Т0,7–31		4512	9	630х2	1,7х2	70	0,8	3,6	0,05	3
Т0,7–32			17,5		2,5х2				0,07	
Т0,7–33			35		5х2				0,1	
Т0,7–34			70,5		10х2				0,14	
Т0,7–35			141		23х2				0,2	
Т0,7–36			282		45х2				0,28	
Т0,7–37			564		90х2				0,39	
Т0,7–38			1128		165х2				0,55	
Т0,7–39			2256		330х2				0,78	
Т0,7–40		9024	9	1300х2	1,7х2	100	1,6	7,2	0,035	2
Т0,7–41			17,5		2,5х2				0,05	
Т0,7–42			35		5х2				0,07	
Т0,7–43			70,5		10х2				0,1	
Т0,7–44			141		23х2				0,14	
Т0,7–45			282		45х2				0,2	
Т0,7–46			564		90х2				0,28	
Т0,7–47			1128		165х2				0,39	
Т0,7–48			2256		330х2				0,55	
Т0,7–49			4512		860х2				0,78	
Т0,7–50		18048	9	1900х2	1,7х2	140	1,6	14,3	0,025	1,5
Т0,7–51			17,5		2,5х2				0,035	
Т0,7–52			35		5х2				0,05	
Т0,7–53			70,5		10х2				0,07	
Т0,7–54			141		23х2				0,1	
Т0,7–55			282		45х2				0,14	
Т0,7–56			564		90х2				0,2	
Т0,7–57			1128		165х2				0,28	
Т0,7–58			2256		330х2				0,39	
Т0,7–59			4512		860х2				0,55	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т0,7–60	0,7	36096	9	2500x2	1,7x2	200	2,6	20	0,017	1
Т0,7–61			17,5		2,5x2				0,025	
Т0,7–62			35		5x2				0,035	
Т0,7–63			70,5		10x2				0,05	
Т0,7–64			141		23x2				0,07	
Т0,7–65			282		45x2				0,1	
Т0,7–66			564		90x2				0,14	
Т0 7–67			1128		165x2				0,2	
Т0,7–68			2256		330x2				0,28	
Т0,7–69			4512		860x2				0 39	
Т2–1	2	141	9	6x2	1x2	17	0,3	0,11	0,27	24
Т2–2			17.5		1x2				0 37	
Т2–3			35		2,3x2				0,53	
Т2–4			70,5		4,3x2				0,75	
Т2–5		282	9	10x2	1x2	24		0,22	0,19	17
Т2–6			17,5		1x2				0,27	
Т2–7			35		2,3x2				0,37	
Т2–8			70,5		4,3x2				0,53	
Т2–9			141		9x2				0,75	
Т2–10		564	9	22x2	1x2	34	0,6	0,45	0,13	12
Т2–11			17,5		1x2				0,19	
Т2–12			35		2,3x2				0,27	
Т2–13			70,5		4,3x2				0,37	
Т2–14			141		9x2				0,53	
Т2–15			282		18x2				0,75	
Т2–16		1128	9	44x2	1x2	48	0,6	0 9	0,1	9
Т2–17			17,5		1x2				0,13	
Т2–18			35		2,3x2				0,19	
Т2–19			70 5		4,3x2				0,27	
Т2–20			141		18x2				0,37	
Т2–21			282		18x2				0,53	
Т2–22			564		35x2				0,75	
Т2–23		2256	9	90x2	1x2	68	1,2	1,8	0,07	6,5
Т2–24			17,5		1x2				0,1	
Т2–25			35		2,3x2				0,13	
Т2–26			70,5		4,3x2				0,19	
Т2–27			141		9x2				0,27	
Т2–28			282		18x2				0,37	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °C Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т2–29	2	2256	564	90x2	35x2	68	1,2	1,8	0,53	6 5
Т2–30			1128		71x2				0,75	
Т2–31		4512	9	180x2	1x2	96		3,6	0,05	4,5
Т2–32			17,5		1x2				0,07	
Т2–33			35		2,3x2				0,1	
Т2–34			70,5		4,3x2				0,13	
Т2–35			141		9x2				0,19	
Т2–36			282		18x2				0,27	
Т2–37			564		35x2				0,37	
Т2–38			1128		71x2				0,53	
Т2–39			2256		143x2				0,75	
Т2–40		9024	9	400x2	1x2	136	2,4	7,2	0,025	3
Т2–41			17,5		1x2				0,05	
Т2–42			35		2,3x2				0,07	
Т2–43			70,5		4,3x2				0,1	
Т2–44			141		9x2				0,13	
Т2–45			282		18x2				0 19	
Т2–46			564		35x2				0,27	
Т2–47			1128		71x2				0,37	
Т2–48			2256		143x2				0,53	
Т2–49			4512		310x2				0,75	
Т2–50		18048	9	620x2	1x2	192		14,3	0,025	2
Т2–51			17,5		1x2				0,035	
Т2–52			35		2,3x2				0,05	
Т2–53			70,5		4,3x2				0,07	
Т2–54			141		9x2				0,1	
Т2–55			282		18x2				0,13	
Т2–56			564		35x2				0,19	
Т2–57			1128		71x2				0,27	
Т2–58			2256		143x2				0,37	
Т2–59			4512		310x2				0,53	
Т3–1	3	282	9	5x5	0,3x2	29	0,5	0,22	0,18	25
Т3–2			17 5		0,5x2				0,25	
Т3–3			35		1,3x2				0 35	
Т3–4			70,5		2,8x2				0,51	
Т3–5			141		4,5x2				0,73	
Т3–6		564	9	10x2	0,3x2	41	0,5	0,45	0,13	18
Т3–7			17,5		0,5x2				0,18	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
ТЗ–6			35		1,3х2				0,25	
ТЗ–9		564	70,5	10х2	2,8х2	41	0,5	0,45	0,36	18
ТЗ–10			141		4,5х2				0,51	
ТЗ–11			282		10х2				0,73	
ТЗ–12			9		0 3х2				0,09	
ТЗ–13			17,5		0,5х2				0,13	
ТЗ–14			35		1,3х2				0,18	
ТЗ–15		1128	70,5	23х2	2,8х2	58		0,9	0,25	13
ТЗ–16			141		4,5х2				0,36	
ТЗ– 17			282		10х2				0,51	
ТЗ–18			564		18х2				0,73	
ТЗ–19			9		0,3х2		1		0,065	
ТЗ–20			17,5		0,5х2				0,09	
ТЗ–21			35		1,3х2				0,13	
ТЗ–22			70,5		2,8х2				0,18	
ТЗ–23		2256	141	45х2	4,5х2	82		1,8	0,25	9
ТЗ–24			282		10х2				0,36	
ТЗ–25			564		18х2				0,51	
ТЗ–26			1128		36х2				0,73	
ТЗ–27	3		9		0,3х2				0,045	
ТЗ–28			17,5		0,5х2				0,065	
ТЗ–29			35		1,3х2				0,09	
ТЗ–30			70,5		2,8х2				0,13	
ТЗ–31		4512	141	92х2	4,5х2	116	2	3,6	0,18	6
ТЗ–32			282		10х2				0,25	
ТЗ–33			564		18х2				0,36	
ТЗ–34			1128		36х2				0,51	
ТЗ–35			2256		60х2				0,73	
ТЗ–36			9		0,3х2				0,03	
ТЗ–37			17,5		0,5х2				0,045	
ТЗ–38			35		1,3х2				0,065	
ТЗ–39			70,5		2,8х2				0,09	
ТЗ–40		9024	141	183х2	4,5х2	164	2	7,2	0,13	4,5
ТЗ–41			282		10х2				0,18	
ТЗ–42			564		18х2				0,25	
ТЗ–43			1128		36х2				0,36	
ТЗ–44			2256		60х2				0,51	
ТЗ–45			4512		105х2				0,73	

Продолжение таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т4–1	4	4512	9	100х2	0,3х2	125	3	3,6	0,05	7
Т4–2			17,5		0,5х2				0,06	
Т4–3			35		0,8х2				0,09	
Т4–4			70,5		1,6х2				0,13	
Т4–5			141		3,5х2				0,18	
Т4–6			282		6,5х2				0,26	
Т4–7			564		14х2				0,36	
Т4–8			1128		28х2				0,52	
Т4–9			2256		60х2				0,72	
Т4–10		9024	9	180х2	0,3х2	175	4	7,2	0,03	5
Т4–11			17,5		0,5х2				0,05	
Т4–12			35		0,8х2				0,06	
Т4–13			70,5		1,6х2				0,09	
Т4–14			141		3,5х2				0,13	
Т4–15			282		6,5х2				0,18	
Т4–16			564		14х2				0,26	
Т4–17			1128		28х2				0,36	
Т4–18			2256		60х2				0,52	
Т4–19			4512		120х2				0,7	
Т6–1	6	141	9	2,6х2	0,3х2	34	0,6	0,11	0,25	49
Т6–2			17,5		0,5х2				0,36	
Т6–3			35		0,9х2				0,5	
Т6–4			70,5		1,8х2				0,71	
Т6–5		282	9	5х2	0,3х2	50		0,22	0,18	35
Т6–6			17,5		0,5х2				0,25	
Т6–7			35		0,9х2				0,36	
Т6–6			70,5		1,8х2				0,5	
Т6–9			141		3,6х2				0,71	
Т6–10		564	9	10х2	0,3х2	68	1,2	0,45	0,13	25
Т6–11			17,5		0,5х2				0,18	
Т6–12			35		0,9х2				0,25	
Т6–13			70,5		1,8х2				0,36	
Т6–14			141		3,6х2				0,5	
Т6–15			282		7х2				0,71	
Т6–16		1128	9	22х2	0,3х2	100		0,9	0,09	17
Т6–17			17,5		0,5х2				0,13	
Т6–18			35		0,9х2				0,18	
Т6–19			70,5		1,8х2				0,25	

Окончание таблицы 4.18

Обозначение трансформатора	Номинальная мощность, В А	Сопротивление, Ом		Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом		Напряжение первичной обмотки, В		Индуктивность первичной обмотки, Гн	Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА
		входное	выходное	первичной	вторичной	эффективное	измерительное			
Т6–20			141		3,6x2				0,36	
Т6–21		1128	282	22x2	7x2	100	1,2	0,9	0,5	17
Т6–22			564		14x2				0,71	
Т6–23			9		0,3x2				0,06	
Т6–24			17,5		0,5x2				0,09	
Т6–25	6		35		0,9x2				0,13	
Т6–26		2256	70,5	40x2	1,8x2	136	2	1,8	0,18	14
Т6–27			141		3,6x2				0,25	
Т6–28			282		7x2				0,36	
Т6–29			564		14x2				0,5	
Т6–30			1128		28x2				0,71	
Т25–1			17,5		0,2x2				0,21	
Т25–2			35		0,4x2				0,3	
Т25–3			70,5		0,8x2				0,42	
Т25–4			141		1,7x2				0,6	
Т25–5	25	400	282	2,8x2	3,2x2	100	1	0,32	0,85	44
Т25–6			564		6,9x2				1,2	
Т25–7			1128		15x2				1,7	
Т25–8			2256		28x2				2,4	
Т25–9			4512		71x2				3,4	
Т25–10			9024		121x2				4,8	

Условия эксплуатации трансформаторов типа Т

Температура окружающей среды:	
повышенная рабочая	+ 85 °С
повышенная предельная с учетом перегрева обмоток	+ 125 °С
пониженная рабочая	– 40 °С
пониженная предельная	– 60 °С
пониженная при транспортировке	– 60 °С
Температура перегрева обмоток, не более	+ 55 °С
Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60...+100 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 40 °С, не более	98%
Атмосферное давление воздуха:	
пониженное рабочее	53,3 кПа (400 мм рт ст.)
пониженное предельное	0,67 кПа (5 мм рт.ст.)
повышенное рабочее	297 кПа (3 кгс/см^2)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5...2 500 Гц с ускорением, не более	294,3 м/с^2 (30g)

Многократные удары длительностью 1...3 мс с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Одиночные удары длительностью 0,2.. 1 мс с ускорением, не более	9 810 м/с^2 (1 000g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	981 м/с^2 (100g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50...10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	150 Дб
Роса, иней, туман, непрерывная радиация	Работоспособность сохраняется

Дополнительные технические характеристики трансформаторов типа Т

Диапазон эффективно воспроизводимых частот	100. 10 000 Гц
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	3 дБ
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 300...10 000 Гц, не более	3%
Максимально допустимое испытательное напряжение на любой обмотке	400 В
КПД, не менее	0,82
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не менее	1 000 МОм
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 5%
Наработка на отказ в нормальных климатических условиях и при номинальной нагрузке, не менее	10 000 ч
Мощность трансформаторов:	
для печатного монтажа	0,5...6 Вт
для объемного монтажа	25 Вт
95–процентный срок сохранности, не менее	10 лет
Гарантийный срок эксплуатации	5 000 ч

4.8. Трансформаторы согласующие типа ТНЧЗ

Малогабаритные согласующие низкочастотные трансформаторы типа ТНЧЗ предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации. при температуре окружающей среды – 60...+ 85 ^{0}С и относительной влажности до 98% при температуре + 35 ^{0}С. Трансформаторы применяются в схемах низкочастотных трактов с ламповыми и полупроводниковыми приборами в аппаратуре бытового и промышленного назначения с печатным монтажом. Трансформаторы типа ТНЧЗ обеспечивают согласование внутреннего сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением каскадов усилителей звуковой частоты в диапазоне частот до 40 000 Гц Трансформаторы типа ТНЧЗ изготавливаются в климатическом исполнении для умеренного и холодного климата, нормированные значения характеристик которых рассмотрены в первой главе справочника. Трансформаторы обеспечивают устойчивую работу аппаратуры в диапазоне эффективно воспроизводимых частот 300...40 000 Гц с неравномерностью частотной характеристики на граничных частотах не более 3 дБ и коэффициентом нелинейных искажений не более 10%.

Конструкция и размеры

Общий вид, габаритные и установочные размеры, а также схема трансформаторов типа ТНЧЗ показаны на рис. 4.18. Промышленностью изготавливается семь типономиналов трансформаторов одного типа и одного конструктивного исполнения. Трансформаторы изготавливаются во всеклиматическом исполнении для эксплуатации в макроклиматических районах с УХЛ, Т и ТС климатом. В зависимости от места размещения и установки, трансформаторы изготавливаются по соответствующим категориям, виды которых в

обобщенной форме приведены в табл. 1.8. Рабочие и предельные значения относительной влажности воздуха в сочетании с температурой окружающей среды при различной продолжительности воздействия приведены в табл. 1 9. В зависимости от конкретных условий эксплуатации трансформаторы типа ТНЧЗ изготавливаются также с учетом механических воздействий по ГОСТ 16962. Например, допускается использовать трансформаторы типа ТНЧЗ–4 не дольше 1 000 ч при температуре окружающей среды не более + 85 °С на частотах 300...7 000 Гц при напряжении на первичной обмотке не более 20 В. Виды и значения внешних воздействующих факторов рассмотрены в табл. 1.3 — 1.14. Конкретные значения этих факторов приведены ниже.

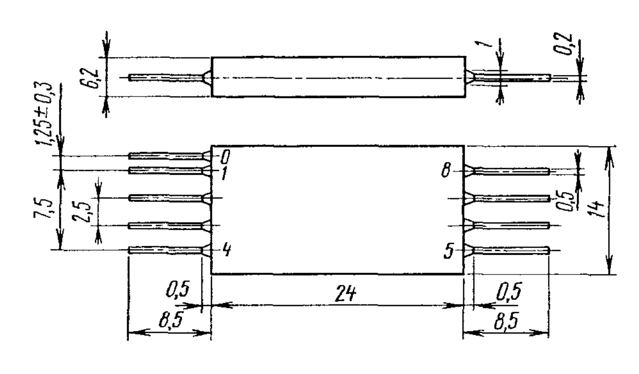


Рис. 4.18

Применение трансформаторов типа ТНЧЗ в блоках и узлах аппаратуры бытового назначения определяется установленными категориями размещения, виды которых приведены в табл. 1.4. Виды и значения характеристик механических воздействий выбираются из табл. 1.12 — 1.14. Значения пониженного и повышенного давления воздуха в обобщенной форме рассмотрены в табл. 1.12. Если трансформаторы типа ТНЧЗ работают в иных диапазонах внешних воздействующих нагрузок, установленных для конкретного климатического исполнения РЭА, то в конструкторской документации на трансформаторы типа ТНЧЗ указывается более узкий или более широкий диапазон этих значений. Конструкция трансформаторов типа ТНЧЗ обеспечивает эксплуатацию без обрывов в обмотках и других повреждений, появления следов коррозии на металлических деталях, многократного циклического воздействия температур предельных значений, а также воздействия механических нагрузок, рассмотренных выше. При этом изменение индуктивности первичной обмотки не превышает 10% от величины, измеренной до воздействия указанных факторов.

Конструкция трансформаторов типа ТНЧЗ разработана для установки и монтажа на печатной плате. При установке трансформаторов на печатной плате монтажные выводы пропускают через отверстия в печатной плате, затем загибают их вдоль печатных проводников на 1,5...3 мм и припаивают припоем ПОС–61.

Пайку выводов производят паяльником мощностью не более 60 Вт в течение не более 10 с. Крепление трансформаторов на печатной плате осуществляется только за счет распайки выводов.

Трансформаторы типа ТНЧЗ изготавливаются на магнитопроводах из ферромагнитных материалов, обеспечивающих работу в диапазоне частот 300...40 000 Гц с неравномерностью частотной характеристики не более 3...5 дБ. Масса трансформаторов не превышает 6,5 г. Трансформаторы типа ТНЧЗ типоразмера ТНЧЗ–7 изготавливаются без магнитопровода. Технологический процесс установки и монтажа трансформаторов типа ТНЧЗ на печатной плате предусматривает лакирование поверхностей двумя слоями специального лака с последующей просушкой в термической камере, что обеспечивает необходимый запас электрической прочности изоляции обмоток трансформатора и комплектующих ЭРЭ. Конструкция трансформаторов типа ТНЧЗ обеспечивает их работу без обрывов обмоток и без изменений основных параметров при многократном циклическом воздействии повышенной и пониженной температур, а также пониженного давления воздуха.

Малогабаритным согласующим трансформаторам присвоено сокращенное обозначение — ТНЧЗ, где буква Т обозначает слово «трансформатор». Трансформаторам присвоено также условное обозначение, которое применяется при заказе и при разработке конструкторской документации. Условное обозначение состоит из сокращенного обозначения трансформатора, условного порядкового номера и обозначения ГОСТ или ТУ, по которым выпускаются трансформаторы промышленностью и поставляются заказчику. Пример условного обозначения низкочастотного согласующего трансформатора типа ТНЧЗ с порядковым номером 3: «Трансформатор ТНЧЗ–3».

Основные параметры

Основные электромагнитные параметры и технические характеристики низкочастотных согласующих трансформаторов типа ТНЧЗ приведены в табл 4.19. Принципиальные электрические схемы трансформаторов типа ТНЧЗ показаны на рис. 4.19. Значения величин технических характеристик входного сопротивления, напряжения на первичной обмотке, индуктивности первичной обмотки, индуктивности рассеяния для трансформаторов типономиналов ТНЧЗ–2 — ТНЧЗ–6 в табл. 4.19 приведены для всей первичной обмотки. Для трансформаторов типономинала ТНЧЗ–7 напряжение на первичной обмотке, индуктивность первичной обмотки, индуктивность рассеяния указаны лишь для половины первичной обмотки (выводы 1 и 4 или 5 и 8). Усредненные значения тока холостого хода трансформаторов в диапазоне частот

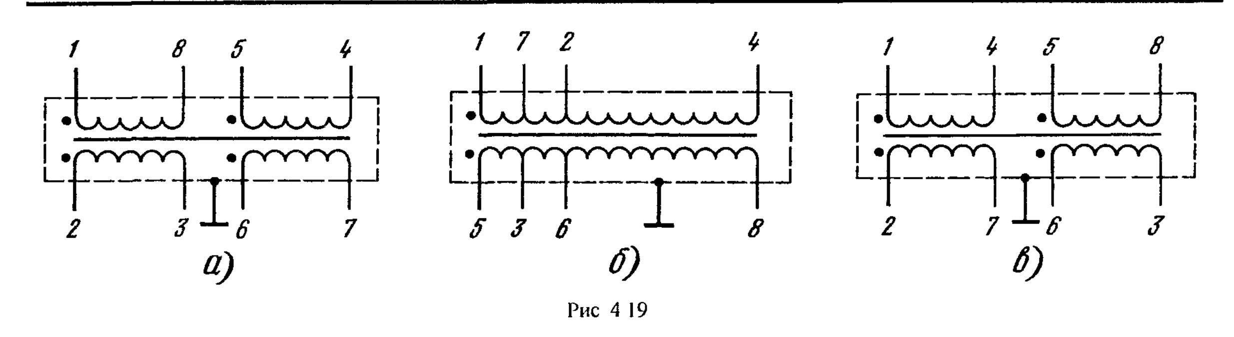


Рис 4 19

300.. 40 000 Гц приведены в табл. 4.20. Зависимость индуктивности первичной обмотки от тока подмагничивания для различных типономиналов трансформаторов показана на рис. 4 20. В ряде случаев при эксплуатации электрические параметры трансформаторов изменяются, но находятся в пределах, указанных в табл. 4.21. При этом выходная мощность не должна превышать 50 мВт при работе в диапазоне частот 1 000...7 000 Гц. Одновременно могут быть использованы соотношения напряжений на первичной обмотке трансформатора и диапазона рабочих частот, которые приведены в табл. 4.22.

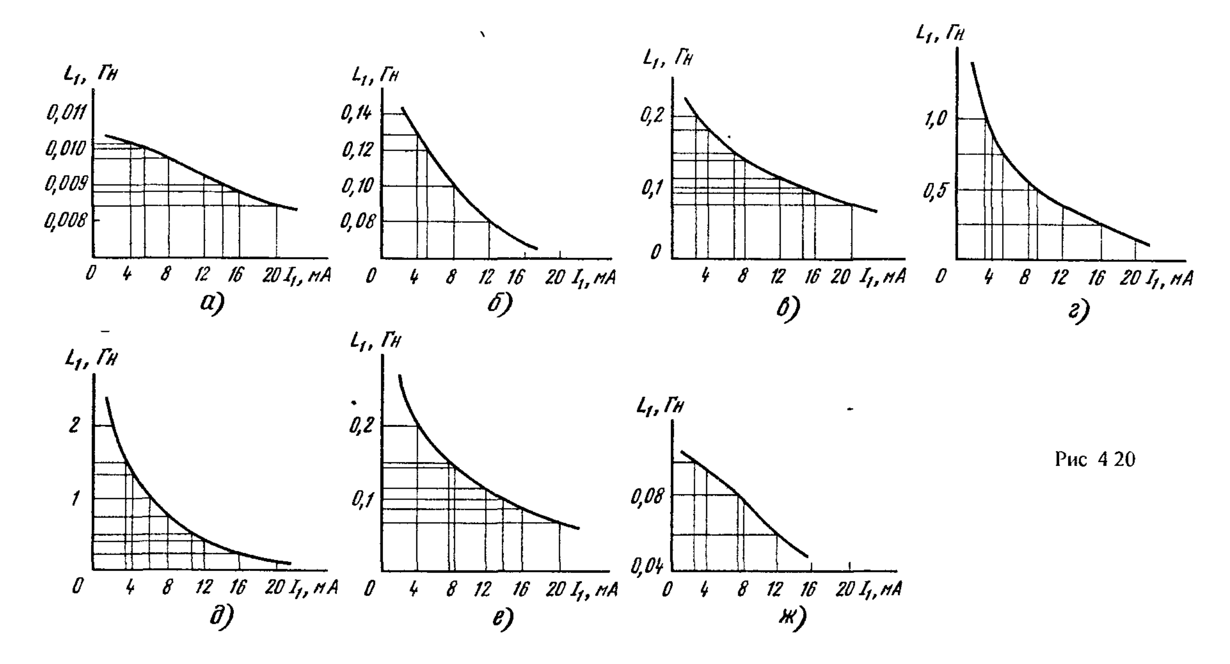


Рис 4 20

Таблица 4.19. Электромагнитные параметры согласующих трансформаторов типа ТНЧЗ

Обозначение трансформатора	Входное сопротивление, Ом	Сопротивление нагрузки, Ом	Напряжение первичной обмотки, В	Индуктивность, Гн		Коэффициент трансформации	Ток подмагничивания, мА	Сопротивление обмоток постоянному току при + 20 °С, Ом	
				первичной обмотки	вторичной обмотки			первичной	вторичной
ТНЧЗ–1	50	500x2	0,35	0,01	0,0004	6,3	–	1,9x2	95x2
ТНЧЗ–2	600	500x2	0,35	0,135	0,0048	1,8	–	25x2	90x2
ТНЧЗ–3	2000	500x2	0,35	0,35	0,016	1	–	55x2	92x2
ТНЧЗ–4	3000x2	500x2	1,4	1,4	0.05	0,5	1	210x2	165x2
ТНЧЗ–5	3000x2	100x2	1,4	1,8	0,08	0,17	1	245x2	165x2
ТНЧЗ–6	500x2	100x2	3,5	0,15	0.008	0,4	4	45x2	45x2
ТНЧЗ–7	500x2	600	2,5	0,09	0,004	1,4	4	65x2	57x2

Таблица 4.20. Усредненные значения тока холостого хода трансформаторов типа ТНЧЗ

Обозначение трансформатора	Ток холостого хода, мА			
	при 300 Гц	при 1000 Гц	при 7000 Гц	при 40000 Гц
ТНЧЗ–1	75	26,3	8,5	3,8
ТНЧЗ–2	17,5	6,35	2,12	1
ТНЧЗ–3	12,1	4,25	1,53	0,6
ТНЧЗ–4	5,25	1,75	0,55	0,95
ТНЧЗ–5	4,5	1,5	0,5	1,2
ТНЧЗ–6	15,2	5,4	1,75	0,72
ТНЧЗ–7	22,7	9,1	2,95	1,2

Таблица 4.21. Электромагнитные параметры трансформаторов типа ТНЧЗ при эксплуатации в диапазоне 1 000...7 000 Гц

Обозначение трансформатора	Выходное сопротивление, Ом	Напряжение на первичной обмотке, $В_{эфф}$	Ток подмагничивания, мА	Постоянный потенциал между обмотками, В
ТНЧЗ–4	1000	20	1	15
ТНЧЗ–7	600	5	4	15

Таблица 4.22. Допускаемые сочетания напряжения на первичной обмотке и диапазона частот трансформаторов типа ТНЧЗ

Обозначение трансформатора	Напряжение на первичной обмотке, В	Диапазон рабочих частот, Гц
ТНЧЗ–1	1,5	300...40000
ТНЧЗ–2	5	
ТНЧЗ–3	8	
ТНЧЗ–4	20	700...40000
ТНЧЗ–5	25	300...40000
ТНЧЗ–6	7	
ТНЧЗ–7	5	700...40000

Условия эксплуатации трансформаторов типа ТНЧЗ

Температура окружающей среды:
повышенная рабочая + 60 °C
повышенная предельная с учетом перегрева обмоток + 85 °C
пониженная рабочая – 40 °C
пониженная предельная – 60 °C
пониженная при транспортировке – 60 °C

Температура перегрева обмоток, не более + 45 °C

Смена температур (многократное циклическое воздействие)	– 60...+ 85 °С
Относительная влажность воздуха при температуре + 35 °С, не более	98%
Атмосферное давление воздуха. пониженное рабочее повышенное рабочее	0,13 кПа (1 мм рт. ст.) 297 кПа (3 кгс/см^2)
Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 1. .5 000 Гц с ускорением, не более	392,4 м/с^2 (40g)
Многократные удары длительностью 2...5 мс с ускорением, не более	9 810 м/с^2 (1 000g)
Одиночные удары длительностью 0,2. .1 мс с ускорением, не более	9 810 м/с^2 (1 000g)
Линейные (центробежные) нагрузки с ускорением, не более	1 472 м/с^2 (150g)
Акустические шумы в диапазоне частот 50 10 000 Гц с уровнем звукового давления, не более	150 дБ

Дополнительные технические характеристики трансформаторов типа ТНЧЗ

Диапазон рабочих частот	300...40 000 Гц
Неравномерность частотной характеристики на граничных частотах, не более	3 дБ
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 300 .40 000 Гц, не более	10%
Максимально допустимое испытательное напряжение на любой обмотке	100 В
Сопротивление изоляции между обмотками или между обмотками и магнитопроводом, не менее	20 МОм
Максимальное отклонение коэффициентов трансформации	± 10%
Максимальное отклонение сопротивления обмоток при постоянном токе при температуре 20 °С	± 25%

Условные обозначения

Электромагнитные параметры

A	— сила электрического тока, A
A_L	— коэффициент индуктивности (индуктивность на один виток), Гн/(вит)^2
B	— магнитная индукция, Тл
B_{max}	— максимальная магнитная индукция, соответствующая вершине данной гистерезисной петли, Тл
B_s	— магнитная индукция при насыщении, Тл
C	— электрическая емкость, Ф
f	— частота переменного напряжения, Гц
$H_М$	— напряженность магнитного поля, А/м
H_a	— амплитудное значение синусоидального магнитного поля, А/м
H_C	— коэрцитивная сила, А/м
Q	— добротность
I	— амплитуда импульса тока, A
I_C	— коэрцитивный ток, A
L	— индуктивность, Гн
ρ	— удельные потери
$ρ_{СТ}$	— удельная намагничивающая мощность, В · А / кг
ΔΦ	— приращение магнитного потока
$μ_Н$	— начальная магнитная проницаемость
$μ_И$	— импульсная магнитная проницаемость
$δ_h$	— коэффициент потерь на гистерезис
$δ_f$	— коэффициент потерь на вихревые токи
$P_{СТ}$	— потери мощности в магнитопроводе
U_C	— напряжение питающей сети, В
U_r	— активное напряжение на обмотках трансформатора, В
U_1	— напряжение первичной обмотки трансформатора (действующее значение), В
U_2	— напряжение вторичной обмотки, В
I_{XX}	— ток холостого хода трансформатора, A
r_1, r_2	— сопротивление первичной и вторичной обмоток трансформатора, Ом
P.	— мощность трансформатора, В · А
$P_Г$	— габаритная мощность трансформатора, В · А
W_1, W_2	— число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора
п	— коэффициент трансформации
T_C	— температура окружающей среды, ^{О}С

Конструктивные параметры

A	— расстояние между осями отверстий (установочные и присоединительные размеры), мм
a	— ширина стержня магнитопровода, мм
B	— ширина трансформатора, мм
в	— ширина магнитопровода, мм
c	— ширина окна магнитопровода, мм
E_S	— площадь поперечного сечения магнитопровода, см^2

G — масса, кг
H — высота трансформатора, мм
h — высота магнитопровода, мм
L — длина трансформатора, мм
δ — зазор в магнитопроводе, мм
К — коэффициент заполнения стали окна магнитопровода

Сокращенные обозначения

А — устройство, блок, прибор
АСС — аппаратура средств связи
БМ — броневой магнитопровод
БТ — броневой трансформатор
ГОСТ — государственный стандарт
ИВЭ — источник вторичного электропитания
ЗЧ — звуковая частота
КПД — коэффициент полезного действия
ПН — преобразователь напряжения
ППП — полупроводниковый прибор
РТМ — руководящий технический материал
РЭА — радиоэлектронная аппаратура
СМ — стержневой магнитопровод
Т — трансформатор
ТА — трансформатор тока
ТЗ — техническое задание
ТКЕ — температурный коэффициент емкости
ТКИ — температурный коэффициент индуктивности
ТМ — тороидальный магнитопровод
ТУ — технические условия
ЭВМ — электронно-вычислительная машина
ЭДС — электродвижущая сила
ЭМП — электромагнитные помехи
ЭМС — электромагнитная совместимость
ЭРЭ — электрорадиоэлемент

Список литературы

1. **Каретникова Е.И., Рычина Т.А., Ермаков А.И.** Трансформаторы питания и дроссели фильтров для радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Советское радио, 1973. — 180 с.
2. **Норденберг Г.М.** Трансформаторы для радиоэлектронной аппаратуры. — Л.: Энергия, 1970. — 240 с.
3. **Сидоров И.Н., Мукосеев В.В., Христинин А.А.** Малогабаритные трансформаторы и дроссели. Справочник. — М.· Радио и связь, 1985. — 416 с.
4. **Сидоров И.Н., Христинин А.А., Скорняков С.В.** Малогабаритные магнитопроводы и сердечники. Справочник. — М.: Радио и связь, 1989. — 384 с.
5. **Сидоров И.Н., Скорняков С.В.** Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. — М.: Радио и связь, 1994. — 320 с.
6. **Сидоров И.Н., Биннатов М.Ф., Васильев Е.А.** Устройства электропитания бытовой РЭА: Справочник. — М.: Радио и связь, 1991. — 472 с.
7. **Бальян Р.Х.** Трансформаторы для радиоэлектроники. — М.: Советское радио, 1971. — 720 с.
8. **ГОСТ 15150–69.** Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. 1989. — 56 с.
9. Трансформаторы и индуктивные элементы. Справочный каталог. — 2 изд. испр. и доп.— С.-Пб.: Северо-Западная Лаборатория, 1999.
10. **Шольц Н.Н., Пискарев К.Д.** Ферриты для радиочастот. — М.–Л.: Энергия, 1966. — 280 с.
11. **Горбунов Н.Д., Матвеев Г.А.** Ферриты и магнитодиэлектрики, М.: Сов. Радио, 1968. — 175 с.
12. **Куневич А.В.** Ферриты, каталог. — М.: ВНИИ, 1991. — 212 с.
13. **Куневич А.В., Сидоров И.Н.** Индуктивные элементы на ферритах.
14. Ферритовые сердечники в узлах радиоаппаратуры: Справочник домашнего мастера. — С.-Пб.: Лениздат, 1997. — 408 с.
15. **Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А.** Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Три Л, 2000. — 400 с.
16. **Хныков А.В.** Теория и расчет многообмоточных трансформаторов. — М.: Солон-Р, 2002. — 112 с.